IST – *Instituto Superior Técnico*

INTRODUÇÃO DE GÁS NATURAL NA REGIÃO AUTÓNOMA DA MADEIRA

RELATÓRIO FINAL: *"ANÁLISE TÉCNICO-ECONÓMICA DA INTRODUÇÃO DO GÁS NATURAL NA ILHA DA MADEIRA"*

Número de Documento:	Rp.001/04
Tipo de Documento:	Estudo de Viabilidade
Página:	1 de 266

Rev.	Data	Descrição	Preparado por	Verificado por	Aprovado por
---	21.10.2004	Relatório - Estudo de Viabilidade	AD	---	---

Índice

Índice de Quadros

Índice de Gráficos

Índice de Figuras

1 Introdução

O presente estudo trata uma abordagem alternativa aos actuais sistemas de Gás Natural Liquefeito (GNL). Antes de prosseguir torna-se fundamental definir o conceito de sistema de GNL. Um sistema de GNL reporta a uma determinada cadeia de GNL, definindo os fluxos, os processos, as características tecnológicas das infra-estruturas, os aspectos legais e contratuais das transacções que vão desde a produção até às aplicações ('end-uses'). Um sistema de GNL pode concentrar-se mais 'up-stream' ou 'down-stream' conforme a relevância atribuída à produção ou aplicações. Um sistema de GNL pode estar englobado num projecto global de Gás Natural (GN), como se passa na maioria dos países inclusive Portugal. Nos diversos sistemas de GNL parte-se de um pressuposto comum, que é o facto da importação/transporte de GN se fazer, total ou parcialmente, na fase líquida.

Para os estados que não dispõem de reservas naturais de GN nem detêm interesses em países produtores, os sistemas de GNL concentram-se sobre o transporte marítimo, a recepção, armazenagem e regaseificação de GNL e alguma pequena distribuição por estrada de GNL.

A tendência nas últimas décadas é a de vincular os sistemas de GNL a grandes consumos e à possibilidade de emitir para grandes redes de gasoductos, permitindo que os consumos se façam a grandes distâncias da recepção do GNL. Uma das medidas que mais tem fomentado esta tendência é a liberalização dos mercados energéticos comunitários.

Por esta razão as infra-estruturas e meios postos ao serviço dos sistemas de GNL têm sofrido um grande aumento de capacidade, caso dos navios metaneiros e Terminais de Recepção, Armazenagem e Regaseificação. Esta tendência para grandes infra-estruturas torna bastante oneroso o sistema, só sendo viabilizável vinculado a grandes consumos.

No presente estudo a abordagem aos sistemas de GNL é feita na perspectiva de pequenas regiões isoladas, com consumos moderados. Nesta situação não apenas os consumos locais são relativamente baixos como não existe a possibilidade de abastecer por gasoducto regiões afastadas dos Terminais de GNL mas com consumos de maior interesse.

O desafio particular que este tipo de sistemas de GNL coloca é a capacidade de conceber pequenas infra-estruturas e meios que possam ser viabilizados através de uma gestão racional do projecto de GN no qual o sistema se insere. Neste particular devem-se considerar os aproveitamentos do frio do GNL, que nos sistemas clássicos sempre foram considerados aspectos secundários.

O presente estudo aborda um projecto de GN para uma região insular, concretamente a Região Autónoma da Madeira (RAM), com uma população de 250.000 habitantes. O arquipélago da RAM é composto por duas ilhas afastadas cerca de 900 quilómetros do Continente, sofrendo os constrangimentos próprios do seu isolamento geográfico.

As vantagens ambientais do GN face ao propano, fuelóleo e gasóleo são evidentes, o mesmo acontecendo relativamente aos aspectos económicos, em virtude da maior estabilidade dos preços do gás natural face ao petróleo.

O gás natural pode constituir um novo vector da oferta de energia na Região Autónoma da Madeira (RAM), contribuindo para a criação dum novo mercado favorável à inovação, para aumentar a produtividade e competitividade da Região, e para reduzir os impactes ambientais.

Importa, por isso, realizar uma análise detalhada da viabilidade técnica e dos impactes da introdução do GN na RAM, tendo em consideração o contexto social, económico e ambiental, o que vai de encontro às linhas estratégicas definidas no Plano de Política Energética da Região Autónoma da Madeira.

1.1 Motivo e Âmbito do Estudo

A evolução dos sistemas de GNL orientado para os grandes consumos e infra-estruturas coloca de parte as regiões remotas com pequenos mercados potenciais de GN. Por esse motivo o sector energético dessas regiões apresenta na grande maioria dos casos forte dependência de produtos petrolíferos.

No caso da produção eléctrica essa dependência está fundamentalmente ligada ao consumo de Fuelóleo. O consumo de Fuelóleo, por sua vez, enfrenta cada vez maiores restrições em virtude do impacto ambiental que produz.

Durante muitos anos as unidades de refinação não dispunham de unidades de conversão, resultando numa muito baixa flexibilidade do processo. Os 'outputs' em termos de subprodutos de refinação eram de difícil controlo. Com o progresso tecnológico dos processos de refinação passam a existir meios para controlar e converter a produção de pesados para ligeiros.

Por outro lado, constata-se o maior rendimento das Centrais Termoeléctricas de Ciclo combinado a GN face às Centrais de Turbina a Vapor a fuelóleo, aliado a uma descriminação positiva do GN face ao fuelóleo decorrente de política comunitária. Esta situação determina uma quebra da procura de fuelóleo em certos mercados. Desta forma, as ilhas continuam a servir de destino para os pesados resultantes de processos de refinação de algumas das unidades existentes obsoletas.

A inexistência, nas regiões insulares, de alternativas ao fuelóleo potência um maior tempo de vida a algumas frotas de pequenos e médios petroleiros, que já levam muitos anos de actividade. Este facto contribui para um aumento das probabilidades de ocorrência de acidentes com efeitos dramáticos sobre o meio ambiente.

Pelas razões apresentadas o sector energético nas regiões insulares carece de actualização.

O motivo deste estudo é o de apresentar novas direcções para os sistemas de GNL que visem a sua integração em pequenos mercados permitindo reduzir as actuais dependências dos sectores energéticos face aos produtos petrolíferos. Pretende-se igualmente encontrar formas de reduzir, as já de si, grandes assimetrias existentes entre as regiões centrais e as mais remotas. Outra das motivações do estudo é a promoção da melhoria da eficiência energética nas regiões isoladas, permitindo reduzir a procura primária em recursos importados aumentando a parcela de participação dos recursos renováveis no balanço energético global.

No âmbito do presente estudo incluem-se todos os aspectos que constituem o sistema de GNL e projecto de GN que materializam a motivação apresentada. Os elos do sistema são as diversas infra-estruturas e os fluxos entre elas.

1.2 Objectivos e contribuição do estudo

Um dos objectivos imediatos do presente estudo é permitir apontar formas de reduzir o peso relativo de recursos não renováveis no balanço energético global de uma região isolada. Este objectivo pode ser consumado de duas formas: melhoria da eficiência de processos existentes e racionalização do consumo.

Nesta perspectiva considera-se que o advento de um projecto de GN numa região isolada permite melhorar a eficiência de conversão termoeléctrica através da adopção de Centrais Termoeléctricas de Ciclo Combinado a GN. Por outro lado a disponibilidade de GNL permite realizar processos de aproveitamento de frio permitindo deduzir consumos eléctricos. Assim, são possíveis implementar melhorias nos sistemas energéticos a montante a jusante do processo de produção termoeléctrico.

Pretende-se que o estudo possa contribuir para um fomento da distribuição de GNL em pequena escala, potenciando a disseminação de Plantas Satélite capazes de distribuir GN e frio ('district cooling'). Numa escala maior, pretende-se motivar

o estudo de pequenos Terminais de GNL para cidades, permitindo abastecer redes de distribuição de GN, redes de frio para parques industriais próximos, pequenas Centrais Termoeléctricas de Ciclo Combinado a GN, etc.

O estudo das regiões remotas permite encarar nas regiões centrais uma descentralização da infra-estrutura energética. Esta eventualidade permite encarar um conjunto de processos – transporte e distribuição de GN, electricidade e frio – aos quais estão associadas perdas que em projectos demasiado centralizados põem em causa de uma forma definitiva a sua implementação.

Outra das contribuições que se pretende com o estudo está no acrescentar de novas orientações que direccionem o sector da energia para uma ‘sociedade a hidrogénio’, sabendo-se que neste percurso o GN terá um papel preponderante. Por um lado como matéria prima para o ‘reforming’ de hidrogénio, por outro, atendendo a flexibilidade da sua estrutura de distribuição e transporte adaptável a outros fluidos.

1.3 Organização do estudo

O presente estudo encontra-se organizado em seis partes, correspondentes aos Capítulos 2, 3, 4, 5, 6 e 7.

Numa primeira parte – Capítulo 2 - faz-se a caracterização do estado da arte no que respeita aos sistemas de GNL. A bibliografia existente é bastante vasta, no entanto a informação encontra-se bastante dispersa em textos de diversas naturezas com pouca interligação. Entre os diversos tipos de textos que abordam os sistemas de GNL contam-se Regulamentações, Códigos, Normas e algumas edições de cariz tecnológico, existindo muito poucos artigos de orientação científica. Tal situação motivou a que o Capítulo 2 fosse descritivo, o suficiente, para permitir uma compreensão das infra-estruturas que constituem os sistemas de GNL e processos a elas associados.

O Capítulo 2 para além da revisão bibliográfica resume um trabalho de campo no qual se procurou conhecer a concepção, operação e manutenção das infra-estruturas dos sistemas de GNL. A caracterização generalista das infra-estruturas dos sistemas de GNL serve de base para posteriormente, no Capítulo 5, se fazer uma caracterização específica.

Numa segunda parte – Capítulo 3 – é feita uma caracterização da RAM nos aspectos fundamentais que determinam um eventual projecto de GN. Consideram-se os dados sobre o sector energético, admitindo-se o ano de 2000 como de referência. Os dados foram recolhidos a partir de diversas fontes, nomeadamente o Plano de Política Energética para a Região Autónoma da Madeira (PPERAM), o Relatório de Contas da Empresa de Electricidade da Madeira (EEM) para o ano 2000 e o boletim informativo da Associação Portuguesa dos Gases de petróleo liquefeito (APGPL).

Igualmente no Capítulo 3 são feitas as caracterizações demográficas e geográficas, o levantamento a comunidade portuária e a as condições da agitação marítima.

No Capítulo 4 são projectadas as procuras de energia (energia primária, final e produção eléctrica) para o período 2000-2020, extrapolando a partir do PPERAM. Numa primeira fase as projecções admitem os cenários explicitados no PPERAM (Cenário Baixo, Alto e Voluntarista), não estando considerada a eventualidade de um projecto de GN para a RAM. Em seguida, consideram-se três cenários possíveis para a introdução de GN na RAM, estando as estimativas das procuras de energia para 2000-2020 afectadas pela presença do projecto de GN.

As estimativas da procura de GN (energia primária e final) apresentadas no Capítulo 4 servem de base para a caracterização específica das infra-estruturas imputáveis ao projecto de GN, nos seus diferentes cenários. O Capítulo 5 caracteriza a infra-estrutura que serve de suporte aos cenários considerados para a introdução de GN na RAM. Esta caracterização incluí para além dos aspectos tecnológicos e operacionais, estimativas de custos.

O Capítulo 6 destina-se à análise dos cenários admitidos para o Projecto de GNL. Esta análise leva em linha de conta os aspectos tecnológicos, os balanços energéticos e algumas questões económicas. Se por um lado não é possível realizar

um exaustivo exercício financeiro que determine o interesse económico do Projecto de GN, por outro importa que o presente estudo reflicta expectativas quanto a uma eventual concretização das ideias apresentadas.

O presente estudo termina – Capítulo 7 – recapitulando resumidamente as ideias chave e respectivas conclusões, abstraindo o potencial de evolução e replicação das iniciativas apresentadas. Nesta fase materializam-se alguns dos objectivos e contribuições que se esperam do presente estudo.

2 Caracterização do Estado da Arte

A tecnologia para liquefacção de gás foi desenvolvida na primeira metade do Século XX, com o intuito de extrair hélio do ar. Na década de quarenta, esta tecnologia foi adaptada pela indústria americana de gás natural, inicialmente para armazenar quantidades substanciais de gás em espaço pequeno, tendo em vista as variações diárias e sazonais da demanda.

Em 1959, a primeira carga de gás natural liquefeito (GNL) foi transportada dos Estados Unidos para a Inglaterra em navio especialmente preparado para este produto. O êxito desta viagem conduziu à construção da primeira unidade de GNL na Argélia, no início da década de 60. A partir da Argélia, o GNL chegou inicialmente à Inglaterra, depois à França e outros países europeus. No final da década, uma unidade construída no Alasca iniciou o abastecimento do Japão, que se tornou ao longo do tempo o maior importador de GNL, absorvendo 60% da produção mundial, que chegou a 82,5 milhões de toneladas em 1998. O mercado americano, por outro lado, que era inicialmente considerado o maior consumidor potencial de GNL, não se desenvolveu : hoje apenas 2% da produção mundial flúem para aquele país. Temos hoje dez países importadores de GNL, e outros dez que são produtores. Nestes operam dezasseis plantas, seis abastecendo a Europa e dez o Extremo Oriente (Japão, Coreia e Formosa). A figura 2.1 mostra a localização das dezasseis unidades produtoras.

O transporte entre o local de produção e o de recepção é feito em navios especialmente construídos para este propósito. As características destes navios serão referidas no subcapítulo 2.2 e, no Anexo A3 estão enumerados os metaneiros actualmente em operação.

Fig 2.1 – Plantas de liquefacção em operação

A produção, transporte e regaseificação do GNL são operações que exigem elevados investimentos, além de perdas de 10 a 15%[1] do gás durante o processo, muito mais que um transporte equivalente por gasoduto (perdas entre 1 e 2%). Isto faz com que a escolha do GNL fique restrita aos casos em que gasodutos não são praticáveis tecnicamente, ou onde as distâncias de transporte tornem os gasodutos antieconómicos. Na actual tecnologia, a partir de 4 mil quilómetros, os custos de um sistema de GNL tornam-se compatíveis com os de transporte em gasodutos.

---

[1] Estas perdas podem, no entanto, ser minimizadas através de processos de aproveitamento das evaporações, que serão referidos em 1.2, 1.3 e 1.5.

2.1 Características dos sistemas de GNL

Um sistema de GNL é na realidade uma sequência de actividades que vão desde a produção de gás até ao utilizador final. Ainda neste subcapitulo será dado um resumo dos principais elos desta cadeia: produção do gás, liquefacção, transporte marítimo e regaseificação no destino. Alguns destes aspectos, considerados de maior relevância para o caso concreto em estudo, serão abordados com mais detalhe nos subcapitulos seguintes, nomeadamente a caracterização dos terminais de regaseificação, o transporte marítimo e terrestre, as plantas satélite, as redes de transporte e distribuição e finalmente as aplicações do gás natural.

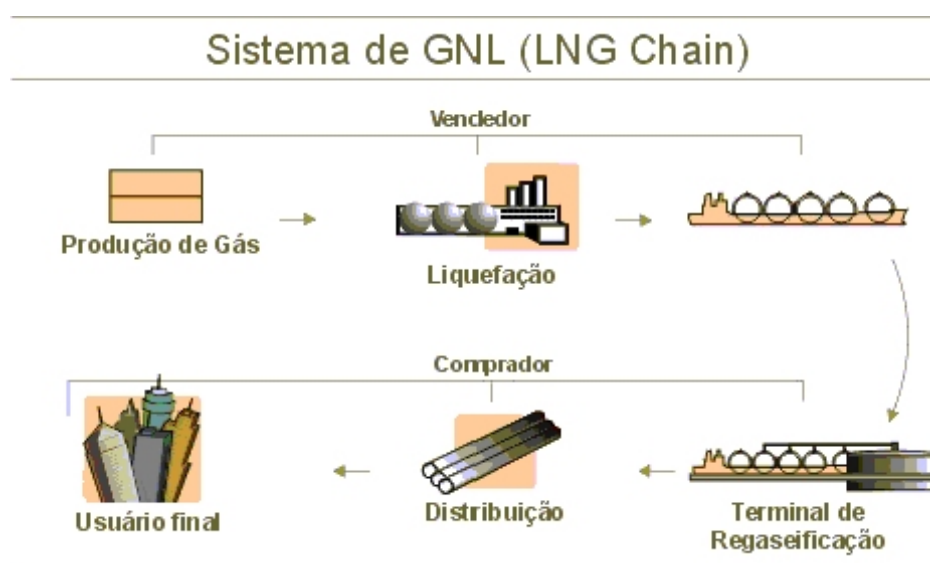



Fig. 2.2 – Cadeia de GNL/GN.

2.1.1 Reservas de Gás (Produção)

As reservas de gás para um projecto de GNL terão que ser de grande porte, pois são de empreendimentos normalmente vinculados a contratos de 20 a 25 anos - a existência destes contratos é o que, em geral, viabiliza o elevado esquema financeiro necessário ao projecto. Em termos genéricos considera-se interessante um projecto de GNL envolvendo 7 mtep. Considerando que 1 mtep de GNL requer cerca de 1,4 biliões de metros cúbicos de gás (bcm), teremos, para 7 mtep em 20 anos, cerca de 200 bcm, a serem consumidos exclusivamente no projecto.

Além da quantidade de reservas, o gás para GNL terá que ter um custo de exploração relativamente baixo. Este custo dependerá não apenas de uma situação geográfica razoável, como da distância a um porto que corresponda às exigências de armazenagem e embarque. Mais ainda, a qualidade do gás deverá ser tal que suas impurezas não signifiquem custos adicionais de processamento. Uma gigantesca e bem situada reserva como a de Natuna, na Indonésia, com mais de 5.700 bcm, ainda não foi explorada por conter cerca de 70% de gás carbónico.

Tem-se como dado que um projecto de GNL não poderá consumir gás natural que custe mais de 1 €/Mbtu (milhão de btu). Na realidade, um bom número é a metade deste valor. Mesmo assim, os gastos com a exploração de gás ("upstream facilities") para uma planta de 7mtep de GNL deverão situar-se entre 1 e 2 biliões de euros, mais próximos do segundo número se for exploração marítima.

2.1.2 Unidade de Liquefacção

Um dos aspectos fundamentais de um projecto de GNL é a unidade de liquefacção, onde se reduz a temperatura do gás natural até aos -161º C, de forma a converte-lo a fase líquida. Esta instalação, construída em locais de bom calado (mínimo 14 m), em baía abrigada e o mais próximo possível dos campos de produção, compõe-se basicamente, como se vê na figura 2.3, de uma unidade de tratamento, de um conjunto de permutadores de calor e de tanques de armazenagem.

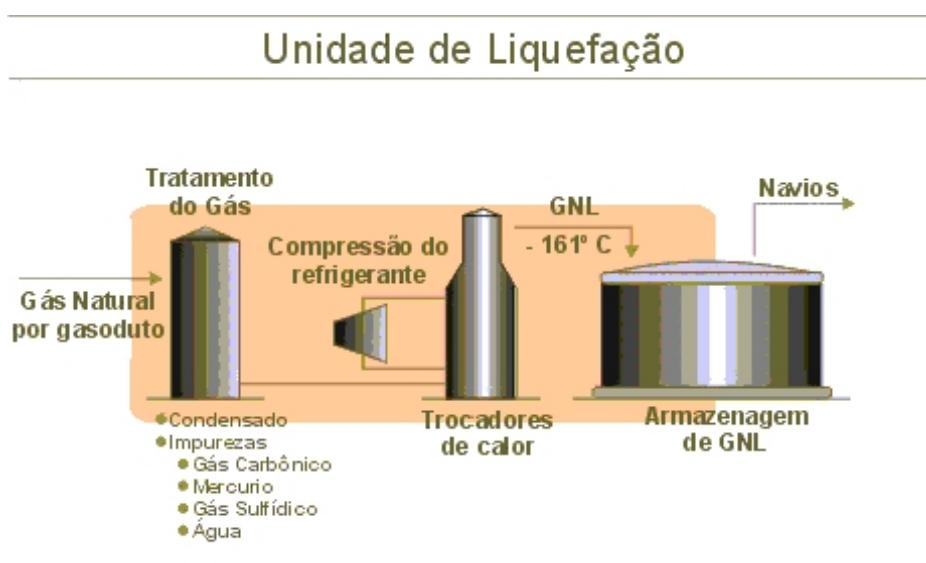



Fig. 2.3 – Unidade de liquefacção de GNL

A unidade de tratamento destina-se a remover as impurezas existentes no gás natural proveniente dos campos de produção, como sejam o gás carbónico, o enxofre, o azoto, o mercúrio e a água, além dos condensados. O processo inclui a separação dos gases de petróleo liquefeito (GPL), basicamente o propano e o butano, que poderão ser vendidos como produto final ou novamente injectado no GNL para enriquecimento do seu poder calorífico.

A instalação para liquefacção do gás natural é composta fundamentalmente por permutadores de calor e compressores. O processo é constituído por um ou vários ciclos frigoríficos.

Um gás refrigerante (em geral, uma mistura de metano, etano e propano) é pressurizado e em seguida expande-se através de uma válvula (efeito Joule-Thompson), extraindo calor ao gás natural que atravessa os permutadores de calor. Há diferentes tipos de permutadores, mas quase todas as instalações dividem-se em conjuntos paralelos (LNG trains), capazes de liquefazer de 2 a 2,5 mtep cada um.

O gás natural liquefeito é de seguida armazenado em tanques capazes de mantê-lo a -161º C até ao embarque. Atendendo ao elevado custo dos tanques de armazenagem, sua capacidade é calculada por processos que levam em conta a produção da unidade de liquefacção, o número e capacidade dos navios, riscos de atraso e outras variáveis.

O custo de uma instalação de liquefacção, inclusive facilidades portuárias, tem variado constantemente com as inovações tecnológicas e as pressões de mercado. Hoje o investimento por tonelada de capacidade está na casa de 250,00 Euros, o que significa que a planta dada como exemplo, de 7 mtep, custaria 1,75 biliões Euros.

2.1.3 Navios Metaneiros

Os navios que levam o GNL das unidades de liquefacção aos pontos de regaseificação dispõem de reservatórios isolados, capazes de suportar e manter a temperatura do GNL durante o transporte. No entanto, a ausência de refrigeração permite que o fluxo térmico entre os reservatórios e a atmosfera produza uma evaporação diária de pelo menos 0,1% da capacidade armazenada. Um dos aproveitamentos possíveis para as evaporações é utiliza-las como combustível.

Há dois tipos básicos de metaneiros (navios para o transporte de GNL), o que armazena o gás em esferas (o tipo Moss Rosemberg), e os que têm tanques nas posições convencionais de petroleiros (tipo membrana: Gaz Transport e Technigaz). Ambos estão em operação e em construção, não havendo diferenças substanciais de custo inicial ou operação.

Durante muitos anos os estaleiros japoneses dominaram a construção destes navios, mas hoje são feitos também na Finlândia, Itália, França e Coreia do Sul.

No subcapitulo 2.2 (e seus anexos) serão abordados de forma mais detalhada as características dos navios assim como aspectos relevantes da sua operação.

2.1.4 Terminais

Os Terminais de Recepção, Armazenagem e Regaseificação de GNL, situam-se preferencialmente junto aos centros de consumo, em locais de águas profundas e abrigadas

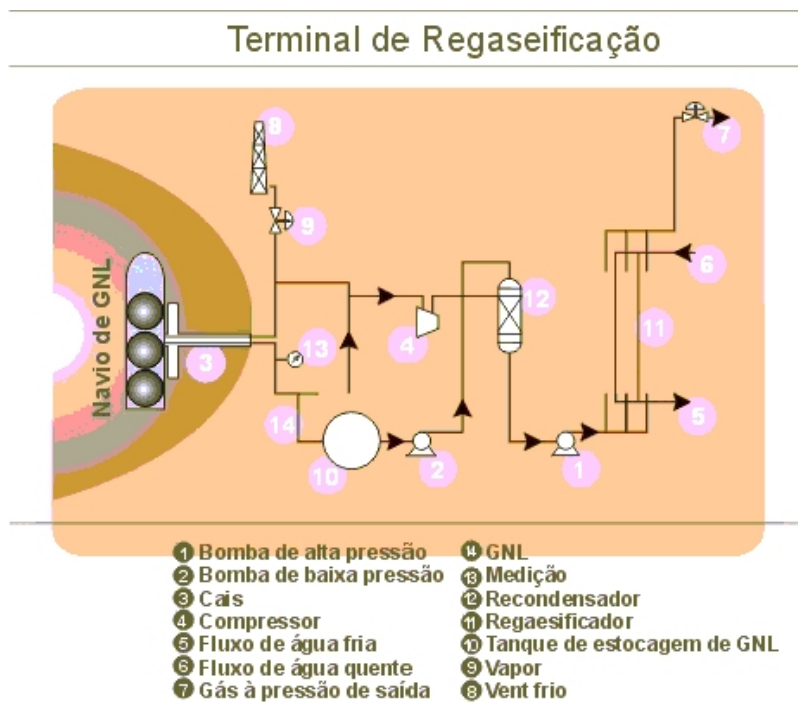



Fig. 2.4 – Esquema de um Terminal de Recepção, Armazenagem e Regaseificação

A descrição detalhada dos Terminais de Recepção, Armazenagem e Regaseificação será levada a cabo no subcapitulo 2.3.

A capacidade dos tanques de armazenagem de um terminal pode ir de pouco mais que a carga de um navio (caso de Huelva, em Espanha, com 160.000 m^3 de armazenagem, para navios de 135.000 m^3), até valores muito maiores, quando, para além de absorver a carga dos navios, o terminal se destinar a servir de balanceador de picos de consumo ('peak-shaving') e reserva estratégica. Neste último caso está o terminal de Sodegaura, na baía de Tóquio, capaz de armazenar 2.700.000 m^3, vinte vezes a carga de um navio de grande capacidade.

Os regaseificadores podem usar água do mar para vaporizar o GNL, ou vapor quando há uma central termoelétrica nos arredores, como é muito frequente. Neste caso, a expansão do GNL ao vaporizar poderá accionar turbinas, e adicionar alguma potência à central. Há ainda a possibilidade de usar o frio libertado na regaseificação para indústria de alimentos.

Os custos para construção de um terminal variam muito, como se deduz das diferenças na capacidade de armazenagem. Um terminal na Turquia (Mar de Marmara), para 255.000m^3 de armazenagem, custou 250 milhões Euros, mas há planos para construir mais um terminal no Japão, com investimentos acima de 2 biliões Euros.

2.1.5 Mercado

O mercado actual de GNL pode ser dividido em três áreas: Extremo Oriente (Japão, Coreia e Formosa), Europa e Estados Unidos. Estes mercados desenvolveram-se de formas diferentes, resultando, em preços diferentes de venda. Pode-se dizer que não há um mercado global de GNL mas sim mercados regionais.

O Japão, impulsionado pela reduzida oferta interna de energia, por razões ambientais e de espaço físico (uma central termo-elétrica a gás natural ocupa uma área bastante inferior que uma nuclear equivalente) lidera por ampla margem o consumo de GNL - mais de 48 milhões de toneladas (mt) em 1998, para um total mundial de 82,5 mt. Com a relativa estagnação da economia do país nos últimos anos, e a recente crise asiática, o crescimento do mercado japonês de GNL reduziu-se sensivelmente, mas ainda deve situar-se em 4% ao ano nos próximos anos. A Coreia, que vinha registando um crescimento acelerado até 1997, chegando a consumir mais de 9 mt nesse ano, reduziu este valor em 1 mt em 1998. Espera-se, porém, com base em informações recentes, uma retoma vigorosa. A Formosa, o terceiro consumidor (4 mt em 1998) é o que mais deve crescer, havendo expectativas que apontam para uma quadruplicação do consumo até 2015. A Índia já tem contratos para futura importação de GNL, e a China deverá segui-la em breve. Como um todo, o mercado asiático, que consumiu 62 mt em 1998, poderá chegar a mais de 100 mt em 2010.

A Europa, ao contrário da Ásia, tem possibilidades de ser abastecida por gasodutos vindos de zonas produtoras externas (especialmente Norte da África e Sibéria), e conta ainda com reservas internas consideráveis. Desta forma, o GNL encontra competição intensa, obrigando à prática de preços menores. Menos de um décimo do mercado de gás europeu é hoje suprido por GNL, e um patamar de 20 mtep não deve ser muito ultrapassado nos próximos anos. A capacidade produtora, compatível com este consumo, hoje concentrada na Argélia e Líbia, vem sendo aumentada para os 30 mtep com as recentes instalações em Trinidad e Nigéria, e os novos mercados, como o sul-americano, deverão demorar algum tempo ser desenvolvidos. No Brasil há dois projectos conhecidos, o do Suape, em Pernambuco, um empreendimento da Petrobrás e Shell, e outro em Pecém, no Ceará, que envolve a British Gas e a Amoco. Estas companhias são participantes, respectivamente, da planta da Nigéria e da de Trinidad.

Os Estados Unidos, iniciadores da tecnologia do GNL, foram inicialmente vistos como o melhor mercado para o produto na década de 70. Estas expectativas não se concretizaram, e o mercado americano de gás natural tem hoje apenas 1% atendido pelo GNL, forçando a paralisação de dois dos quatro terminais existentes. Nos últimos anos, entretanto, vem-se registando um ligeiro aumento no consumo, inclusive com cargas esporádicas extra-contratuais. As instalações de Trinidad estão voltadas para este possível incremento do mercado.

Pela descrição realizada, pode-se verificar que se trata de três áreas com comportamentos diversos, o que tem influência directa nos preços. Em 1998, o valor de venda do gás no Extremo Oriente era cerca de 25% superior ao da Europa, e de quase 50% em relação ao americano. Desta forma, o GNL ainda não se comporta como 'commodity' global, e tem o seu mercado, segmentado em regiões.

2.1.6 Novos mercados

Os elevados investimentos em infra-estruturas conduziram a que nos últimos anos o gás natural fosse uma fonte energética relacionada com grandes consumos. No entanto, na década de noventa, surgem novos indícios provenientes especialmente do mercado asiático que podem contrariar esta ideia. Falamos concretamente da construção de novos navios metaneiros de pequenas capacidades 18.800m^3 destinados a abastecer terminais para pequenos consumos. Este tipo de terminais são adequados a pequenas cidades, satisfazendo consumos desde o doméstico até à produção eléctrica e grande indústria. O abastecimento destes navios pode ser feito em plantas de liquefacção ou em terminais de maior capacidade.

Este conceito poderia ser aproveitado no sentido de promover o gás natural junto de regiões insulares com consumos moderados. Na Europa já foram objecto de estudo as Canárias, Tenerife, Las Palmas e Creta. Alguns dos navios que operam no mediterrâneo têm pequenas capacidades (25.000m^3 a 40.000m^3) e, seriam adequados para projectos desta natureza. No entanto, estes navios têm já muitos anos de actividade. Ainda assim, a existência desses mercados poderia fazer aumentar o tempo de vida desses metaneiros e, convém também realçar que a viabilidade de projectos desta natureza não está assim tão dependente da existência destes navios. Como se sabe, os navios da classe Moss-Rosemberg e os novos modelos da classe Gaz Transport & Technigaz estão aptos a fazer descargas parciais. Os inconvenientes de utilizar navios de maiores dimensões estão nas necessidades portuárias acrescidas que encarecem globalmente o projecto.

O cenário para implementação de gás natural em ilhas ganha algum contorno quando nos confrontamos com as vantagens ambientais da conversão de combustíveis convencionais (derivados do petróleo e carvão) para gás natural. Os incentivos comunitários para projectos no sector energético levam em linha de conta a actual conjuntura política no que concerne ao controlo das emissões. No nosso país o projecto de implementação de gás natural tem sido co-financiado com montantes até aos 60% dos investimentos.

A figura 2.5 estabelece o fluxo GNL/GN para um projecto de implementação de gás natural numa região insular. As infra-estruturas indicadas serão caracterizadas com o detalhe necessário nos próximos subcapitulos (e seus anexos).

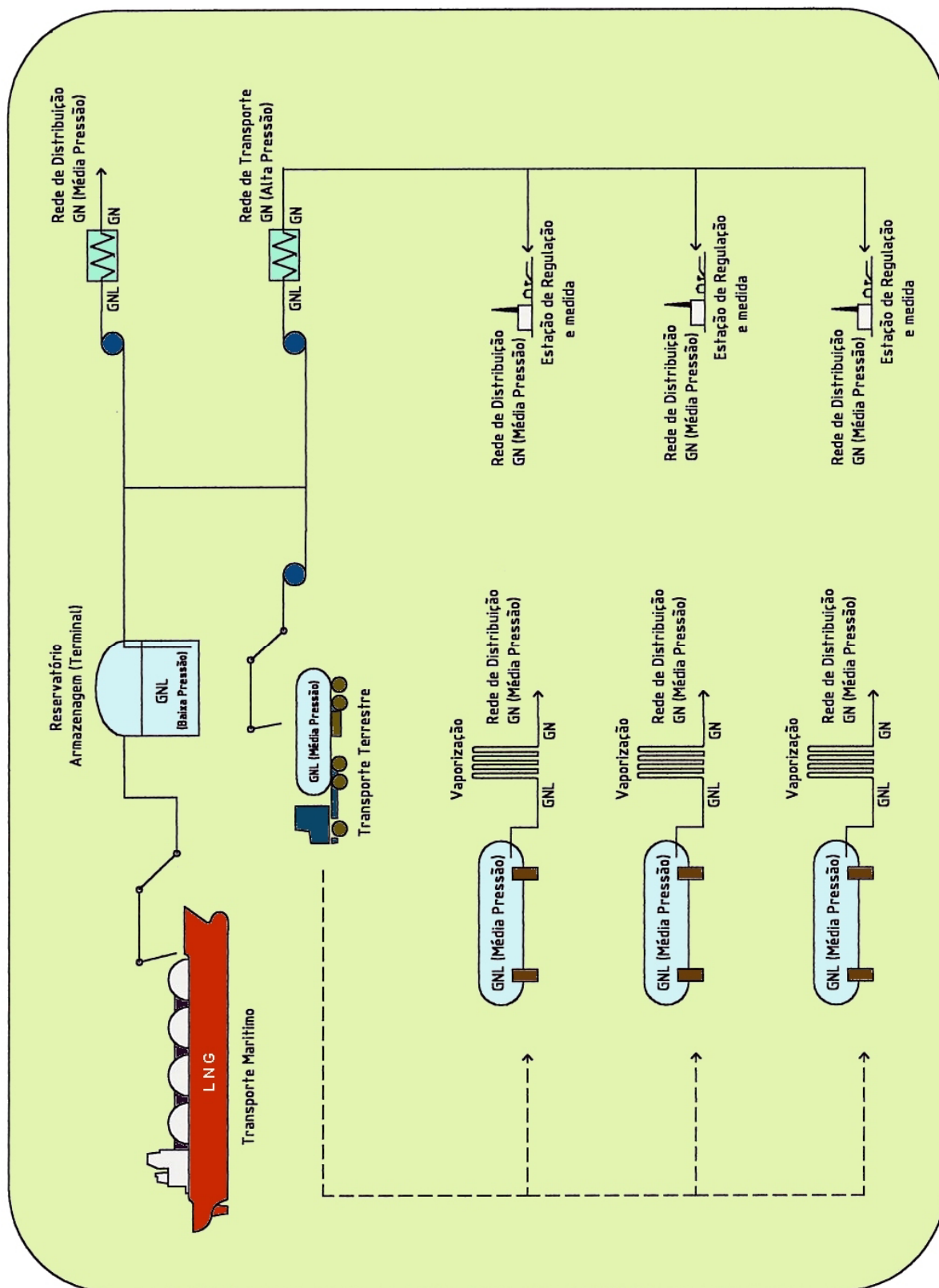



Fig. 2.5 – Diagrama de fluxo global para um projecto de GN numa região insular

2.2 Transporte Marítimo de GNL

O transporte marítimo de GNL processa-se em navios metaneiros. Os seus reservatórios operam a temperaturas na ordem dos –160ºC e a pressões ligeiramente superiores à pressão atmosférica.

Os navios metaneiros podem ser classificados de acordo com os tipos de reservatórios de GNL instalados. Existem fundamentalmente dois tipos de reservatórios para metaneiros: os reservatórios de membrana e autoportantes.

2.2.1 Reservatórios de membrana

Este tipo de reservatórios é constituído por uma membrana que garante a estanquicidade do GNL. O peso próprio do GNL transportado é suportado pela estrutura do próprio navio e não pelo reservatório. A constituição da membrana permite as dilatações e contracções motivadas pelos ciclos térmicos resultantes dos enchimentos e descargas de GNL. A membrana serve igualmente de barreira primária, devendo existir uma barreira secundária que possa suster o GNL em caso de ruptura acidental da primeira.

As patentes típicas de reservatórios de membrana são de dois construtores franceses: Gaz Transport e Technigaz. A tabela 2.1 identifica o tipo de construção dos reservatórios, por construtor.

Construtor	Barreira Primária	Barreira Secundária	Isolamento térmico
Technigaz Mark I	Membrana nervurada (longitudinal e transversal) em aço austenitico com espessura e=1,2mm.	Contraplacado com espessura e=3,4mm	Balsa
Gaz Transport Clássico	Membrana em Invar com espessura e=0,7mm	Membrana em Invar com espessura e=0,7mm	Dois caixões em contraplacado com perlite no interior
Gaz Transport Nova Geração	Membrana em Invar com espessura e=0,7mm	Membrana em Invar com espessura e=0,7mm	Três caixões em contraplacado com perlite no interior
GTT – Mark III	Membrana nervurada (longitudinal e transversal) em aço austenitico com espessura e=1,2mm.	Compósito de alumínio entre duas películas de lã de vidro	Poliuretano e fibra de vidro

Tabela 2.1 – Tipo de construção dos reservatórios de membrana para transporte de GNL em Metaneiros.

Recentemente estes dois construtores fundiram-se patenteando um tipo de reservatório o GTT (Gaz Transport / Technigaz) Mark III, que permite descargas parciais, isto é, sem que o transporte de GNL num reservatório meio cheio danifique a membrana. No Anexo A1 vem ilustrado o esquema dos tipos de reservatórios de membrana adoptados pela Gaz Transport e Technigaz.

Actualmente os metaneiros com reservatórios de membrana, utilizando os sistemas Technigaz e Gaz Transport, têm capacidades variando entre os 18.800m^3 para abastecimento de pequenos terminais e os 135.000m^3 de GNL.

No Anexo A3 apresenta-se uma listagem actualizada dos navios metaneiros actualmente em actividade mencionando-se entre outra informação o tipo de reservatório instalado e a capacidade de transporte.

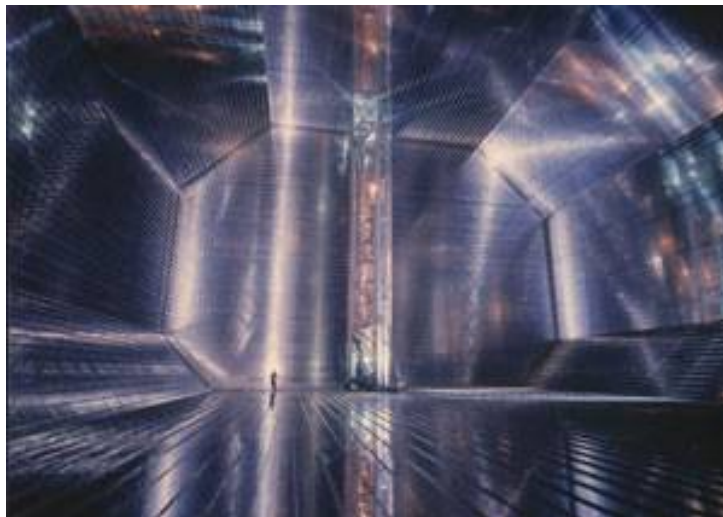



Fig.2.6 – Interior de um reservatório de membrana do tipo Gaz Transport

Fig.2.7 – Interior de um reservatório de membrana do tipo Technigaz.

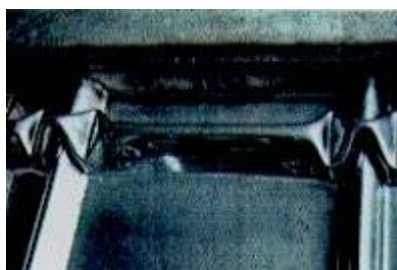



Fig. 2.8 – Pormenor de uma membrana do tipo Technigaz

Fig. 2.9 – Metaneiro do tipo GTT Mark III com reservatórios de membrana (18.800m^3 de GNL).

2.2.2 Reservatórios autoportantes

Os reservatórios autoportantes, contrariamente aos de membrana, suportam o peso próprio do GNL armazenado. Podem ser de duas categorias dependendo se possuem ou não uma barreira secundária completa. Os reservatórios com barreira secundária completa deixaram de ser construídos, casos dos sistemas Worms - A.C.S.M. Gaz de France, Conch 1, Conch 2 e Esso. A tabela 2.2 identifica o tipo de construção de cada um destes sistemas, igualmente ilustrados no Anexo A2.

O tipo de reservatório autoportante de utilização mais habitual é o conhecido por Moss-Rosemberg e que constitui aproximadamente metade da frota actual de navios metaneiros em operação. Os navios metaneiros com reservatórios tipo Moss podem ter capacidades até 137.000m^3 de GNL transportado. Distinguem-se facilmente das outras classes de navios metaneiros pelos reservatórios esféricos.

Construtor	Barreira Primária	Barreira Secundária (completa)	Isolamento térmico	Observações
Worms – A.C.S.M. Gaz de France	Aço 9% Ni 9mm < e < 15mm	Aço 9% Ni e=4mm (fundo) C302 (lateral)	PVC e perlite	- Aplicado ao metaneiro *Jules Verne* - Reservatório cilindrico
Conch 1	Liga de alumínio 5083	Contraplacado	Balsa e fibra de vidro	- Aplicado no metaneiro *Princess* e *Progress* - Reservatórios prismáticos
Conch 2	Liga de alumínio 5083	Contraplacado	Poliuretano e fibra de vidro	- Aplicado a três navios *El Paso* - Reservatórios prismáticos
ESSO	Liga de alumínio 5083	Liga de alumínio 5083	PVC e balsa	- Aplicado a quatro navios - Reservatórios prismáticos

Tabela 2.2 - Tipo de construção dos reservatórios autoportantes (com barreira secundária completa) para transporte de GNL em Metaneiros.

A tabela 2.3 e o Anexo A2 identificam o tipo de construção dos reservatórios do tipo Moss.

Construtor	Barreira Primária	Barreira Secundária	Isolamento térmico
Moss e variantes desenvolvidas sob licença da Moss	Liga de alumínio ou aço 9% Ni	Bacia de retenção sob a esfera (barreira primária) em liga de aluminio; Folha de alumínio nos para-jets recobrindo exteriormente o isolamento.	Diversas variantes: PVC; Poliuretano e fibra de vidro; Poliestireno e fibra de vidro.

Tabela 2.3 – Tipo de construção dos reservatórios autoportantes (com barreira secundária incompleta) do tipo Moss para transporte de GNL em Metaneiros.

Fig. 2.10 – Metaneiro do tipo Moss-Rosemberg.

O isolamento dos navios metaneiros permite que, em média, a taxa de boil-off diária não exceda os 0.25% do seu volume máximo, isto é, as evaporações diárias de GNL devido ao gradiente térmico entre ambiente e o interior dos reservatórios não deve exceder, na pior das hipóteses, os 0.25% do volume total do reservatório. Os metaneiros das últimas gerações têm taxas de boil-off inferiores a 0.10%.

2.2.3 Propulsão

Na propulsão dos navios metaneiros utilizam-se habitualmente grupos de turbina a vapor. Estes grupos são alimentados por caldeiras que consomem o gás natural (GN) proveniente do boil-off dos reservatórios podendo também queimar fuel. A solução de alimentação das caldeiras a fuel e GN permite, na maior parte dos casos, uma economia energética apreciável no que respeita aos custos actuais dos combustíveis.

2.2.4 Equipamento instalado destinado a manutenção e operação do metaneiro

Os metaneiros têm instalados equipamentos destinados à sua manutenção e operação, incluindo:

- Sobre a ponte, linhas de GN, GNL e colocação em frio, assim como conexões aos braços de descarga dos terminais;

- Em cada reservatório:

    - Uma linha de carga de GNL;
    - Duas linhas de descarga de GNL com bombas submergíveis instaladas nas extremidades;
    - Uma linha de GNL que possa ser utilizada na carga ou descarga incluindo uma bomba submergível desmontável;
    - Uma linha de evacuação de boil-off (linha de GN) com derivação para o sistema de válvulas de segurança do reservatório;
    - Linha de retorno de GN;
    - Linha de evacuação de GNL do reservatório (com bomba);

  As linhas de GNL devem ter instaladas válvulas de segurança contra sobrepressões entre cada dois seccionamentos sucessivos.

- Compressores para fornecimento do GN proveniente do boil-off para as caldeiras do navio (após re-aquecimento), ou para reenvio para terra em operações de carga ou posta em frio;
- Um regaseificador de GNL (se necessário) para a ignição das caldeiras;
- Sistemas de reliquefação dependendo do sistema de propulsão utilizado;
- Válvulas e outros dispositivos de segurança;
- Instrumentação diversa (transmissores de pressão, temperatura, pressão diferencial, pressóstatos, termóstatos, indicadores de nível, etc)

2.2.5 Exploração dos navios metaneiros

2.2.5.1 Aspectos contratuais

Existem diferentes tipos de contractos entre um armador e um comprador/vendedor de GNL: o armador põe à disposição o seu navio para um eventual interessado no transporte de GNL, que será neste caso o cliente. Esse transporte é efectuado mediante uma contrapartida (pagamento de um frete). Os termos da contrapartida são deixados à inteira liberdade entre ambas as partes.

O armador tem como responsabilidades:

- a manutenção da cota do navio, ou seja, a sua conformidade de acordo com um conjunto de regras e códigos internacionais de construção e segurança que garantem a sua classificação, levando em linha de conta aspectos como o casco, os reservatórios, equipamento de carga/descarga, propulsão, etc;
- a tripulação e organização do navio, o aprovisionamento de consumíveis (fuel, óleo, azoto, etc), alimentos e material diverso;

- a manutenção do navio: manutenção decorrente da exploração do navio e paragens em estaleiro efectuadas entre cada 18 a 24 meses de actividade, para uma reavaliação geral do navio.

O cliente poderá ser um comprador ou um vendedor de GNL. Podem ainda existir transportadores independentes. Os tipos de contractos de compra de GNL podem ser:

- F.O.B. (Free on board) quando o GNL é comprado na usina de liquefacção de GNL no momento da carga;

- C.I.F. (Cost, insurance, freight) quando o GNL é comprado no momento da descarga no terminal.

Num contrato do tipo F.O.B. o cliente é o comprador de GNL (caso habitual do GNL proveniente da Argélia para a Gaz de France). Para contractos tipo C.I.F. o cliente é o vendedor de GNL ou um transportador independente (caso dos mercados nipónicos).

2.2.5.2 Fases de exploração de um metaneiro

As actividades decorrentes da exploração de um metaneiro são:

- Escala para carga de GNL;

- Escala para descarga de GNL;

- Viagem do metaneiro carregado com GNL;

- Viagem de retorno.

As escalas de carga e descarga de um metaneiro pressupõem diversas actividades: aproximação do navio ao porto (com pilotagem); manobras de acostagem aos jetty's com auxílio de rebocadores; acostagem; ligação de cabos equipotenciais e de comunicações; amarração do navio; realização de um protocolo de controlo pela autoridade portuária; reconhecimento da carga; ligação dos braços de descarga e verificação dos seus dispositivos de segurança; operações de carga ou descarga propriamente ditas; reconhecimento da carga determinando a quantidade de energia transferida; realização do protocolos contratuais; purga e reaquecimento dos braços de descarga; desconexão dos braços de descarga; reabastecimento do navio; retirar cabos equipotenciais, comunicações e amarração; manobras de saída com auxílio de rebocadores; saída do porto com pilotagem.

As actividades de carga e descarga de GNL propriamente ditas devem ser precedidas e arrefecimento dos braços de descarga. O caudal de GNL nos braços de descarga deve ser aumentado progressivamente até ao seu valor nominal e, no final do processo, ser diminuído gradualmente. O GNL deve ser analisado num cromatógrafo sendo determinado o seu poder calorífico, mediante a composição química.

Os reservatórios de GNL de um metaneiro são cheios até 98% ou 98.5% do seu volume máximo – operação de carga. Numa operação de descarga deve manter-se um volume residual de GNL por forma a manter suficientemente baixa a temperatura no interior do reservatório, durante a viagem de retorno. Esse volume de GNL deve permitir o funcionamento de sistemas (caldeiras) que queimem GN, podendo mesmo acontecer que seja necessário vaporizar algum GNL por forma a satisfazer os consumos.

Nas operações de carga e descarga de GNL há que calcular as quantidades de energia transferidas. Assim, antes e depois de qualquer carga ou descarga de GNL é determinado o volume presente nos reservatórios. Esta operação designa-se como reconhecimento da carga e é feita na presença de todas as partes envolvidas no negócio (vendedor, comprador e transportador). Esta operação consiste em reunir os seguintes dados:

- Pressão dos reservatórios;
- Temperaturas das fases gasosa e liquida em cada reservatório;
- O nível de GNL;
- A posição do navio.

As medições de nível são convertidas em volume, com recurso a tabelas estabelecidas por um organismo oficial aquando da construção do navio. São efectuadas as necessárias correcções atendendo à posição do navio e contracção dos reservatórios motivada pelas baixas temperaturas do GNL.

A diferença entre os volumes obtidos nos reconhecimentos das cargas efectuados antes e após a operação, determinam o volume transferido (V_{GNL}).

A quantidade de energia transferida associada ao GNL é:

$$Q_{GNL} = V_{GNL} \times \rho \times P_{csm} \quad (2.1)$$

ρ : massa volúmica do GNL em condições de pressão e temperatura de equilíbrio no interior dos reservatórios [kg/m³], calculada a partir do método de Klosek-MacKinley ou KMK (N.B.S. Technical note nº 1030 de 1980) a partir da composição química e temperatura;

P_{csm} : poder calorífico superior mássico do GNL [kWh/kg] calculado a partir da composição química.

A quantidade de energia associada aos retornos de gás, é:

$$Q_{GN} = V_{GN} \times P_{csv} \quad (2.2)$$

V_{GN} : volume de gás equivalente ao volume de GNL transferido a condições normais de pressão e temperatura [m³(n)];

P_{csv} : Poder calorífico superior volúmico do GN [kWh/m³(n)].

A quantidade de energia transferida na operação é:

$$Q = Q_{GNL} - Q_{GN} \quad (2.3)$$

Para além das operações referidas há ainda a referir algumas actividades particulares:

- Arrefecimento dos reservatórios (inicio e reinicio de actividade após uma paragem);
- Aquecimento dos reservatórios até às condições ambiente (eventuais intervenções no reservatórios).

2.3 Terminais de Recepção, armazenagem e Regaseificação de Gás Natural Liquefeito

Os Terminais de Recepção, Armazenagem e Regaseificação de Gás Natural Liquefeito (GNL) têm como finalidade receber os navios metaneiros, recepcionar o GNL, armazena-lo e coloca-lo na rede de transporte ou distribuição e carregar cisternas para abastecimento de Plantas Satélites. Os terminais são constituídos por:

- Tanques de armazenagem;
- Sistemas de bombagem;
- Sistemas de recuperação de evaporações;
- Sistemas de regaseificação;
- Porto de acostagem de metaneiros (jetty) e linhas de trasfega de GNL;
- Sistemas de contagem e odorização;
- Equipamento de controlo e monitorização;
- Sistemas de segurança.

Seguidamente serão abordados, com um pouco mais de detalhe mas de forma não exaustiva, os pontos anteriores.

2.3.1 Os Tanques de Armazenagem

Os tanques para a armazenagem de GNL instalados nos terminais têm capacidades variando tipicamente entre os 40.000 e os 150.000m^3. No entanto existem outras instalações, conhecidas como Plantas 'peak-shaving', que utilizam reservatórios de GNL de concepção idêntica mas com capacidades inferiores - entre 10.000 a 30.000m3. Isto é, as capacidades dos reservatórios de armazenagem de GNL que passamos a descrever podem variar entre 10.000 e 150.000m^3 já que este tipo de concepção não é exclusiva de terminais.

O GNL é armazenado sub-arrefécido a uma pressão ligeiramente superior à atmosférica – a pressão máxima de serviço dos tanques varia entre os 100mbarg e os 230mbarg dependendo da concepção.

A taxa de 'boil-off' pode variar entre os 0,05% e os 4%.

Dependendo do tipo de implantação dos tanques, estes podem ser classificados de acordo com o Quadro 2.4.

Tipo de Res.	Superficial	Superficial com talude	semi-enterrado	semi-enterrado com talude	Enterrado
com bacia de retenção					
sem bacia de retenção					

Quadro 2.4 – Classificação dos tanques mediante o tipo de implantação

A bacia de retenção tem como finalidade conter o GNL armazenado nos reservatórios em caso de ruptura. A capacidade da bacia de retenção deve permitir conter o volume total dos reservatórios implantados no seu interior.

Os tanques de armazenagem, independentemente da sua concepção, são compostos por:

- um reservatório (ou tanque) interior;
- um reservatório (ou tanque) exterior;
- isolamento (espaço anelar).

Os reservatórios devem garantir a total estanquicidade do GNL, devem estar aptos a suportarem os ciclos térmicos resultantes da sua operação, devem ser projectados por forma a conter os esforços resultantes do peso próprio e pressão do fluído armazenado, assim como acções de ordem sísmica ou climatérica previsíveis no local da sua implantação.

2.3.1.1 Reservatórios clássicos

Os reservatórios clássicos são, de uma maneira geral, classificados em duas categorias: reservatórios autoportantes e reservatórios de membrana.

2.3.1.1.1 Reservatórios Autoportantes

Os reservatórios poderão ser autoportantes (full-containment), isto é, o reservatório interno é projectado para suportar os esforços resultantes do peso próprio e pressão do GNL. A maioria dos reservatórios instalados nos terminais de GNL são deste tipo de concepção.

A figura 2.12 apresenta de forma esquemática os tipos habituais de reservatórios autoportantes.

O reservatório interior é em aço 9% Ni (base e superfície lateral). A construção da superfície lateral é em espiral ou por anéis sobrepostos. O tecto é em forma de cúpula (aço 9% Ni) ou suspenso (em alumínio ou aço 9% Ni)

O reservatório exterior é em aço carbono (de construção) ou betão armado. Quando os reservatórios exteriores são em betão existe habitualmente entre o betão e o isolamento uma cobertura de aço carbono.

Fig. 2.11 – Tanques (autoportantes) de GNL do Terminal de Huelva

A base é em betão armado. A base tem normalmente instalada um sistema de aquecimento de forma a impedir a formação de gelo entre o solo e as fundações.

O isolamento térmico é composto por:

- foamglass no fundo;
- perlite e lã de vidro (sistema Chicago Bridge Industry – C.B.I.) na superfície lateral, tendo a presença da lã de vidro a finalidade de absorver os movimentos radiais motivados pelas contracções e dilatações do reservatório interior (resilient blanket);
- lã de vidro no tecto (tecto suspenso).

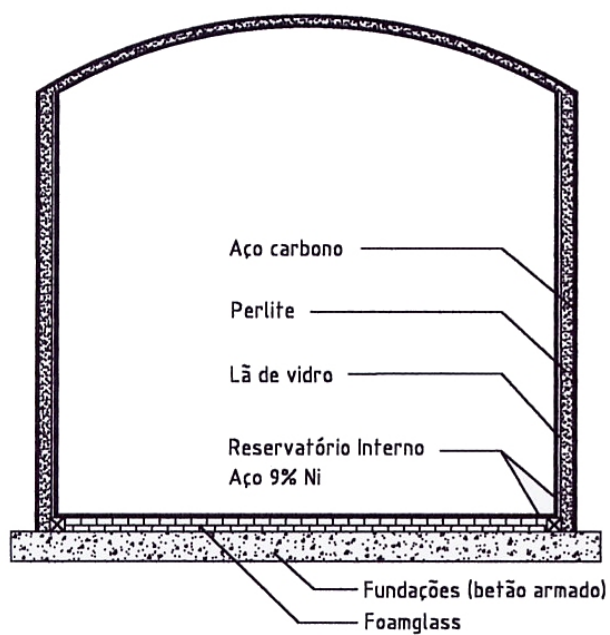
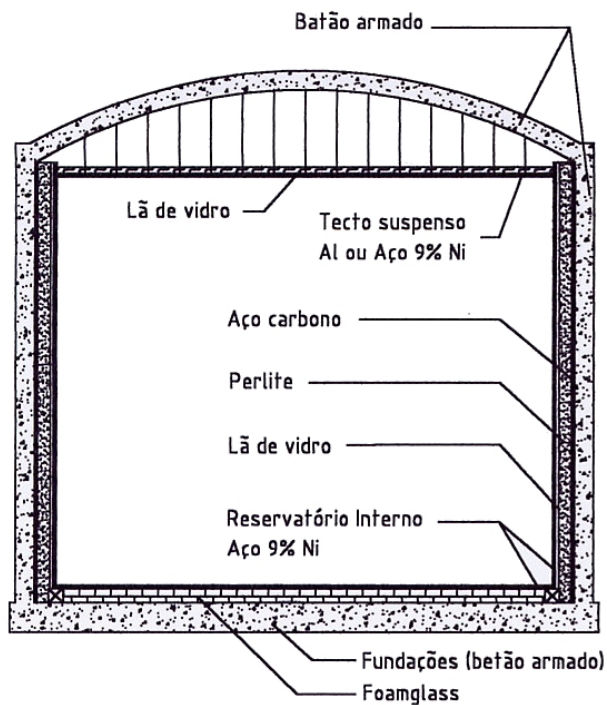



Fig. 2.12 – Reservatórios Autoportantes: Reservatório exterior em betão; reservatório exterior em aço carbono.

2.3.1.1.2 Reservatórios de Membrana

Os reservatórios de membrana são constituídos por um reservatório interior que garante a estanquidade do GNL mas que não suporta o peso próprio do GNL nele contido. Esta membrana está em contacto com o isolamento térmico. A suportagem da estrutura interna e peso do fluído é feita pelo reservatório exterior, habitualmente em betão armado.

Distinguem-se duas versões de reservatórios de membrana:

- Sistema Gaz Transport: Membrana em Invar de espessura e=0.7mm e isolamento térmico em caixões de madeira com perlite;

- Sistema Technigaz: Membrana em aço inoxidável (chapa nervurada) e=1.2mm e isolamento térmico em PVC e contraplacado.

Em ambos os sistemas o tecto suspenso tem isolamento em lã de vidro. Os esquemas dos tanques de GNL de membrana são apresentados na figura 2.13.

Os tanques de GNL com reservatório exterior em betão são designados de dupla integridade.

2.3.1.1.3 Reservatórios particulares

Existem para além dos tipos de tanques mencionados outros tipos particulares, nomeadamente:

- Os tanques com reservatório interno em betão – Sistema Preload;

- Os tanques enterrados em solo gelado – Sistema Conch;

- Reservatório subterrâneo experimental em cavidade gelada – Sistema Geostock-Distrigaz.

2.3.1.2 Equipamentos dos Reservatórios

Os reservatórios têm instalados diversos conjuntos de tubagem, acessórios e instrumentação indispensável à sua operação. Assim, distinguem-se os diferentes conjuntos de tubagens:

- Tubagens para enchimento de GNL:

    - tubagens para enchimento superior com extremidade em forma de aspersor;

    - tubagens de enchimento inferior no fundo ou na base da superfície cilíndrica lateral.

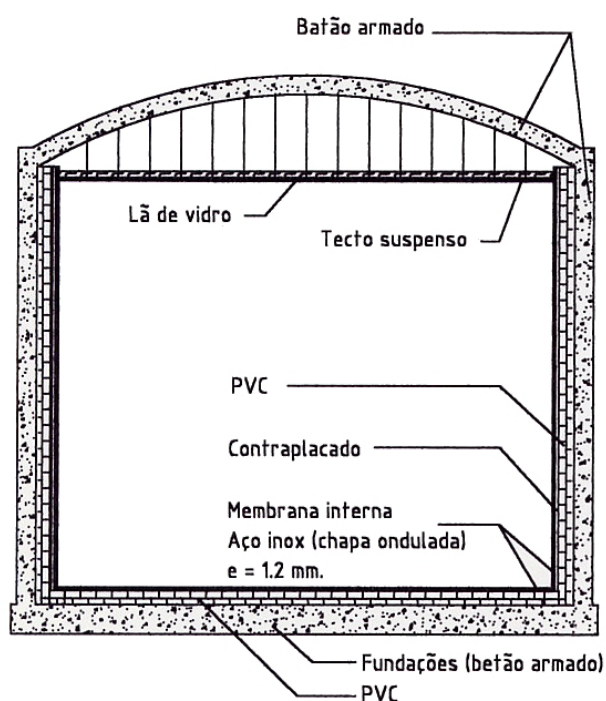
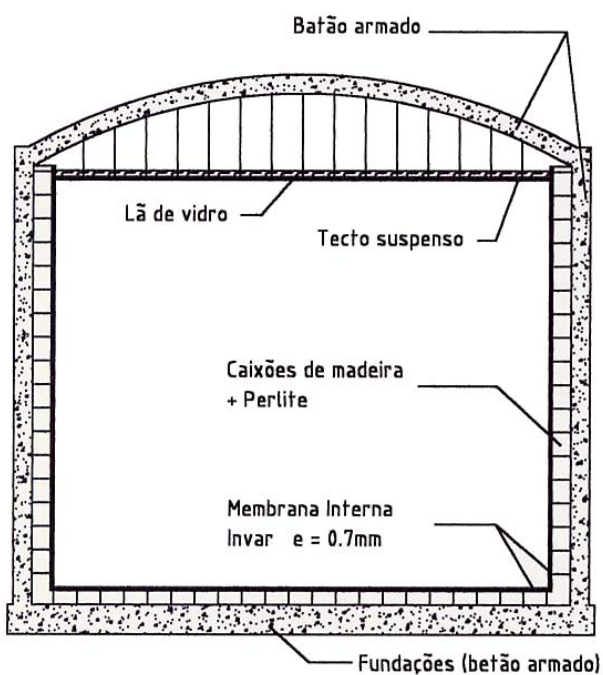
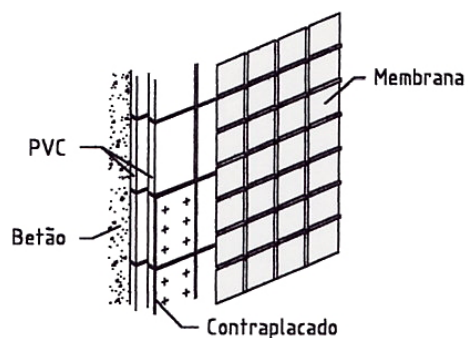
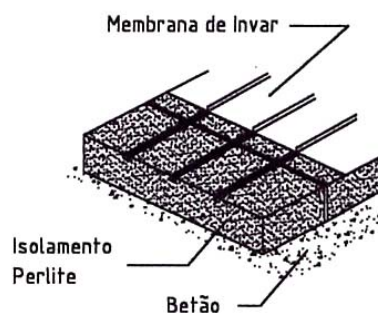



Fig. 2.13 – Reservatórios de membrana: sistema Technigaz; sistema Gaz Transport.

- Tubagens para fornecimento de GNL para consumo:
  - o GNL pode ser fornecido por gravidade, com a extremidade da tubagem no fundo do reservatório ou junto à base na superfície cilíndrica lateral – nesta situação existem aberturas no tanque para o exterior em contacto com a fase líquida (GNL) o que obriga à construção de uma bacia de retenção por razões de segurança;
  - o GNL pode ser fornecido a consumo através da colocação de bombas submergíveis em poços – nesta situação as aberturas situam-se exclusivamente na cúpula o que permite obstar da construção de bacias de retenção.
- Tubagens para evacuação das evaporações provenientes do 'boil-off':
  - este sistema de tubagens permite a gestão das evaporações de GNL de forma a que a pressão no interior do reservatório não ultrapasse um determinado valor ('set-point') necessariamente inferior à pressão de disparo das válvulas de segurança;
  - esta tubagem fornece GN a um sistema de recuperação de evaporações que se descreve em 2.3.3 ou em alternativa, se não for possível recuperar parte das evaporações a uma tocha criogénica.
- Tubagens de colocação em frio (arrefecimento):
  - sistema de tubagens com orifícios colocado tipicamente sobre o fundo do reservatório e indispensável para iniciar a operação do tanque.
- Tubagens de controle do espaço anelar de isolamento:
  - tubagens de drenagem situadas no fundo do espaço anelar que permite a detecção fugas de GNL;
  - tubagens de injecção de azoto (sempre que o espaço anelar de isolamento possa estar em contacto com a fase gás) – o gás de saída é analisado relativamente ao teor de GN presente o que permite inferir sobre a vaporização instantânea no tanque.
- Tubagens para recirculação:
  - permitem controlar os caudais de GNL a consumo e servem para evitar fenómenos de estratificação de GNL que podem ocorrer após algumas semanas de armazenagem.
- Tubagem de máximo enchimento (opcional):
  - caso não funcionem os alarmes de enchimento do reservatório poderá existir um sistema de evacuação de GNL para uma bacia de retenção.

No que respeita a instrumentação são habitualmente instalados transmissores de:

- pressão;
- temperatura;
- nível – com os alarmes correspondentes;

- densidade.

A instrumentação instalada deve permitir fazer varrimentos verticais ao longo do tanque, por forma a inferir sobre o nível de GNL e as suas propriedades ao longo da cota vertical.

Equipamentos de segurança:

- válvulas de segurança contra sobre-pressões (ver fig. 2.15);
- válvulas de segurança contra sub-pressões;
- discos de ruptura;
- ventes.

Outros:

- Entrada de homem.

Fig. 2.14 – Tubagens do Tanque de GNL (105.000m^3)
Terminal de Huelva

Fig. 2.15 – Válvulas de segurança contra sobrepressões
Terminal de Cartagena

2.3.1.3 Comportamento do GNL no interior dos Reservatórios

Uma das características do GNL é a particularidade poder estratificar no interior de um reservatório. Entende-se por estratificação a formação de camadas sobrepostas com densidades diferentes. A transmissão de calor através das paredes do reservatório, a transmissão de calor entre camadas de GNL sucessivas e a transmissão de calor e massa na superfície de interface GNL/GN provoca uma continua uniformização das massas específicas. No momento em que as massas específicas das duas camadas se tornam iguais estas misturam-se. A este fenómeno chama-se 'roll-over', tendo como consequência habitual um aumento brutal da taxa de evaporação sempre que a camada inferior se encontra a uma temperatura superior à temperatura de equilíbrio entre fases (GNL/GN) à pressão a que o reservatório se encontrava instantes antes do 'roll-over'. Esta evaporação brutal faz aumentar a pressão no interior do reservatório podendo provocar disparos das válvulas de segurança (contra sobrepressões). Se, porventura, as válvulas de segurança estiverem sub-dimensionadas poderão registar-se deformações permanentes no reservatório.

2.3.1.3.1 Mecanismos de aparecimento de estratificações

A estratificação do GNL dos reservatórios pode aparecer no momento em que se processa uma trasfega. Nas operações de trasfega deve ser feito um varrimento vertical às propriedades do GNL no reservatório. Estes dados devem ser comparados com análise do GNL a descarregar. Assim, as descargas devem ser efectuadas pela carga inferior (junto à base do reservatório) se a massa específica do GNL a recepcionar for superior à do GNL já existente nos tanques de armazenagem. Contrariamente se o GNL a recepcionar for menos denso a carga deve ser feita pelas aberturas superiores. Nestas condições, se a camada mais densa GNL estiver no fundo a estratificação considera-se estável. A figura 2.16 apresenta esquematicamente este tipo de estratificação.

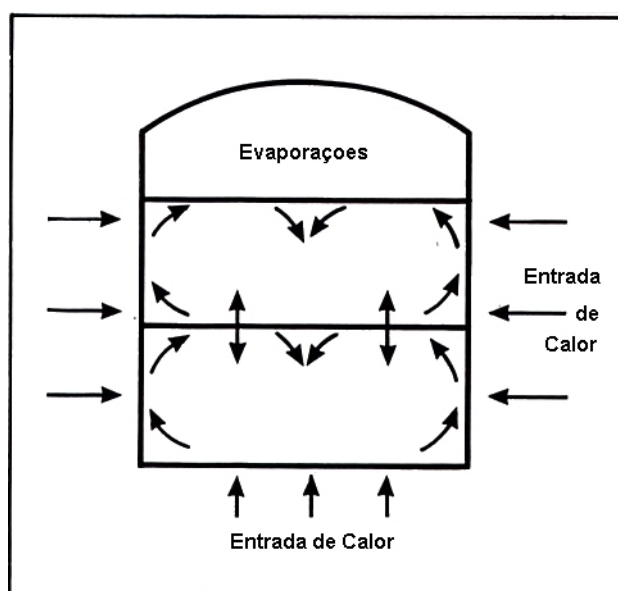



Fig. 2.16 – Formação de estratificação no interior de um tanque de GNL

Através da interface entre as duas camadas existe permuta de calor e massa. O calor que entra na camada superior de GNL provém dos fluxos nas paredes e da interface, isto é, provém do exterior e da camada inferior; por sua vez a camada superior perde energia sob a forma de calor latente nas evaporações. Quanto à camada inferior recebe calor do exterior pelas paredes e fundo, mas não perde energia sob a forma de calor latente, cedendo no entanto calor à camada superior.

Dois tipos de evolução podem suceder consoante a cedência de calor por parte da camada inferior à superior na interface é ou não superior ao calor que esta (camada inferior) recebe do exterior. Estas evoluções são apresentadas no figura 2.17.

Outra forma de ocorrência de estratificação acontece de forma espontânea para GNL com elevado teor em azoto. O mecanismo é o seguinte: o GNL recebe calor pelas paredes e ascende ao longo das mesmas até atingir a superfície; este fenómeno de ascensão de GNL junto às paredes provoca uma diminuição do teor de azoto nesta porção de fluído o que consequentemente diminui a sua massa específica; desta forma pode continuamente acumular-se junto à superfície uma camada de GNL menos densa, isto é, com menos teor de azoto.

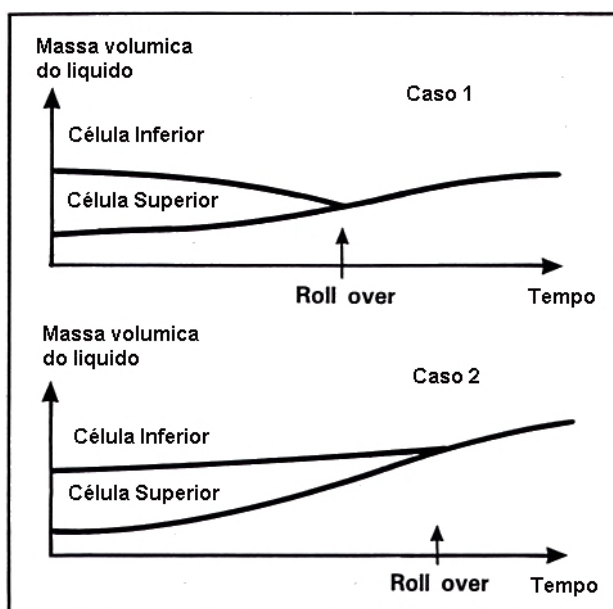



Fig. 2.17 – Fenómenos de 'roll over'

2.3.1.3.2 Modelações matemáticas do 'roll-over'

A utilização de modelos matemáticos para a previsão de fenómenos de 'roll-over' é bastante delicado. Estes modelos devem levar em linha de conta as equações de transferência de calor e massa entre camadas sucessivas. A dificuldade surge em contabilizar os coeficientes das equações de transferência de calor (e massa) na interface. A ausência de trabalhos experimentais nesse sentido torna difícil a aplicação de tais modelos.

2.3.1.3.3 Dispositivos anti-estratificação

Existem alguns dispositivos adequados para evitar a formação de estratificação:

- enchimento dos tanques por intermédio de jactos de GNL, a partir da base do reservatório e chegando até à superfície, durante tempo suficiente para que todo o GNL contido no reservatório seja afectado pela turbulência do jacto;

- recirculação de GNL, utilizando bombas submergíveis para captação e injectores situados no fundo do reservatório, de modo análogo ao exposto no ponto anterior;

- enchimento dos tanques através de tubagens verticais percorrendo o reservatório com orifícios a diferentes cotas, permitindo assim uma uniformização das propriedades do GNL ao longo da cota vertical do tanque;

- injecção de um gás pouco solúvel, como por exemplo hidrogénio ou oxigénio, provocando turbulência e uniformização das propriedades do GNL ao longo da cota vertical do tanque - este método, no entanto, não se utiliza devido às elevadas taxas de evaporação que provoca no interior do tanque.

2.3.2 Sistemas de bombagem e recuperação de evaporações

Os sistemas de bombagem para emissão e o sistema de recuperação de evaporações funcionam, geralmente, integrados. A recuperação de evaporações faz-se habitualmente entre os circuitos primários e os secundários de bombagem.

A bombagem faz-se sempre antes da vaporização, uma vez que do ponto de vista energético é menos dispendioso elevar a pressão na fase líquida do que na fase gasosa. Por esta razão estes elementos operam a muito baixas temperaturas, exigindo características construtivas especiais e materiais de construção específicos.

2.3.2.1 Sistemas de recuperação das evaporações

Como se havia referido em 2.3.1 o GNL armazenado nos tanques recebe calor do exterior e, como tal, parte desse calor é absorvido pelas evaporações de GNL (calor latente). Essas evaporações provocam um aumento de pressão que tem que ser controlado, conduzindo a que essas evaporações tenham que ser consumidas de alguma forma. Do ponto de vista económico e ambiental interessa recuperar essas evaporações e não queimá-las na tocha do terminal.

Os Terminais de Recepção, Armazenagem e Regaseificação podem possuir em geral dois tipos de sistemas para recuperação das evaporações:

- um processo que promove a dissolução das evaporações (‘boil-off’) no GNL emitido;

- ou, um processo de liquefacção das evaporações e reenvio para os tanques de armazenagem.

O primeiro sistema está ilustrado na figura 2.18. Este sistema e as suas variantes é o que se utiliza mais frequentemente. O GNL presente nos reservatórios está sub-arrefécido o que permite utilizar parte do frio para liquefazer as evaporações. Assim, após as bombas primárias (captação), parte do GNL a emitir passa por um equipamento denominado por recondensador onde se mistura com os vapores previamente comprimidos e, a uma pressão na ordem dos 5 a 10barg, estes liquefazem. No Anexo B1 apresenta-se um diagrama (T,S) com a evolução da figura 2.18, assim como os cálculos e conclusões.

No Anexo B2 apresenta-se o esquema relativo ao processo de recuperação de evaporações por liquefacção e reenvio aos reservatórios.

2.3.2.2 Sistemas de bombagem

Num terminal de recepção, armazenagem e regaseificação de GNL a necessidade de bombagem surge necessariamente para os seguintes processos:

- elevação da pressão do GNL até aos valores de emissão;
- carga dos camiões cisterna;
- captação de água de mar para a vaporização.

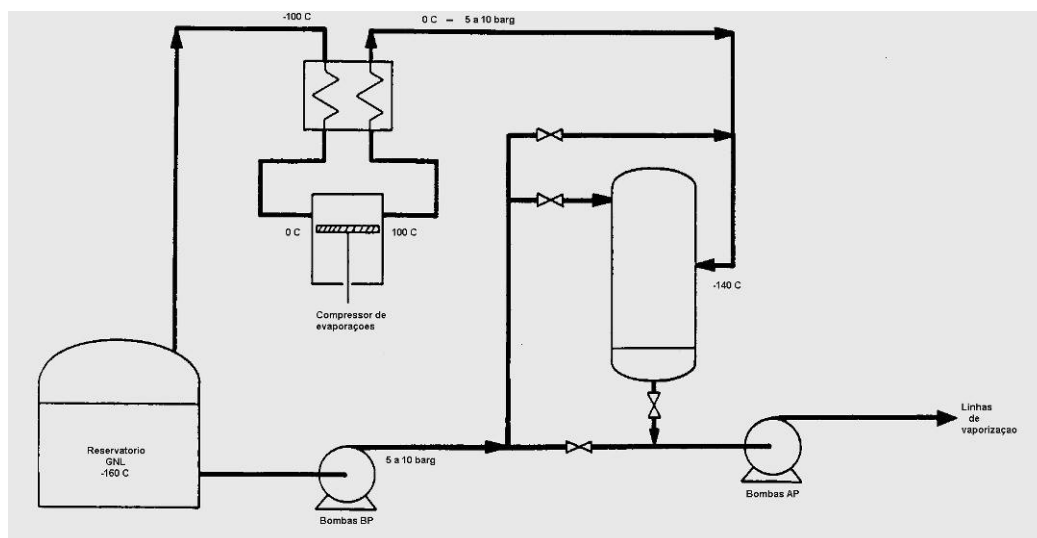



Fig. 2.18 – Recuperação de ‘boil-off’ por dissolução das evaporações no GNL emitido

Fig. 2.19 – Compressor de vapores de GNL - Terminal de Cartagena

Fig. 2.20 – Recondensador – Terminal de Huelva

Vamos focar a nossa atenção exclusivamente para os dois primeiros pontos. A elevação da pressão do GNL a partir dos valores típicos existentes nos reservatórios até aos valores habituais nas redes de transporte (gasoduto de 1º escalão – 80barg; gasoducto de 2º escalão – 18barg) faz-se em duas etapas.

Numa primeira fase utilizam-se bombas para captação de GNL elevando a pressão até valores da ordem dos 5 a 10barg. Neste patamar de pressão faz-se a recuperação das evaporações ('boil-off') provenientes do reservatório e carregam-se as cisternas de GNL (ver 2.4 - Transporte terrestre). Os camiões cisterna têm pressão de serviço na ordem dos 7barg, o que significa que a pressão de saída às bombas primárias permite o seu enchimento.

A segunda etapa eleva a pressão até aos valores de emissão e precede os sistemas de vaporização.

O tipo de bombas que mais habitualmente se utilizam são as bombas submergíveis (colocadas no interior do reservatório) e as bombas emersas em 'vasos de carga'. São bombas verticais construídas essencialmente em alumínio e aço austenítico. Existem alguns modelos de bombas horizontais utilizáveis em terminais, sendo no entanto claramente preteridas face às bombas verticais. Com efeito, as bombas horizontais apresentam alguns problemas no que respeita à estanquicidade e lubrificação.

Sempre que a captação de GNL se faz pela cúpula do reservatório utilizam-se bombas submergíveis. Quando as bombas primárias captam o GNL a partir de aberturas junto à base dos reservatórios utilizam-se bombas emersas em 'vasos de carga'. Estas bombas podem ter o motor emerso no GNL (no interior do 'vaso de carga') ou exterior.

As bombas secundárias são do tipo vertical com 'vaso de carga'.

O GNL é um bom lubrificante e ao mesmo tempo um bom refrigerador o que permite concluir das vantagens das bombas submergíveis e das bombas emersas em 'vasos de carga' com motor interno. As figuras 2.22 e 2.24 representam as bombas submergíveis (utilizadas habitualmente como bombas primárias) e as bombas emersas em 'vasos de carga' com motor interno (utilizadas habitualmente como bombas secundárias).

Fig. 2.21 – Poço de uma bomba primária submergível – Terminal de GNL de Cartagena

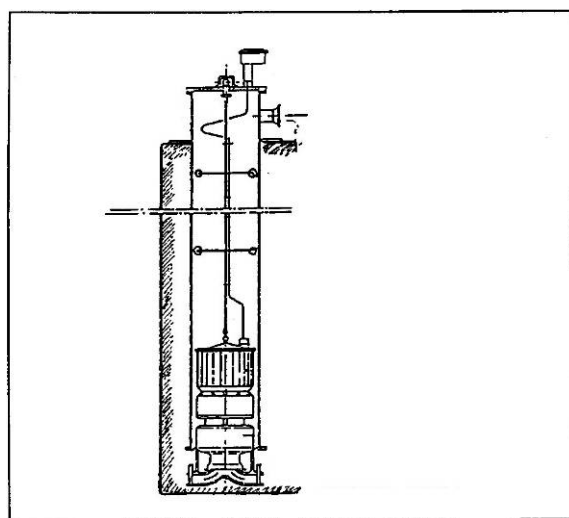



Fig 2.22 – Esquema de uma bomba submergível

Fig. 2.23 – Bombas secundárias – Terminal de GNL de Huelva

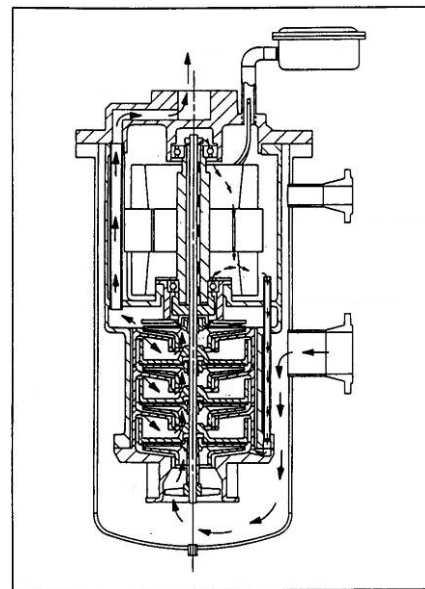



Fig 2.24 – Esquema de uma bomba emersa num 'vaso de carga'

2.3.3 Sistemas de regaseificação

Os sistemas de regaseificação ou vaporização são basicamente os seguintes:

- Vaporizadores de água de mar;
- Vaporizadores de combustão submersa;
- Vaporizadores de fluído intermédio.

Os dois primeiros tipos de vaporizadores são os mais habituais e por isso serão descritos mais em detalhe. O terceiro sistema é utilizado habitualmente em processos de aproveitamento do frio do GNL.

2.3.3.1 Vaporizadores de água de mar

Os vaporizadores de água de mar são os mais utilizados para regaseificação do GNL dos terminais. Estes equipamentos são permutadores de calor que utilizam como fonte quente a água do mar. O GNL é distribuído num colector por uma bateria de tubos verticais alhetados por onde a água circula exteriormente. Os tubos de GNL devem ser de materiais apropriados e devem estar dimensionados para suportarem não apenas as baixas temperaturas de serviço mas também a pressão, que neste caso é idêntica à de emissão. A água por sua vez circula à pressão atmosférica, isto é, é distribuída num colector superior e recolhida inferiormente. Por esta razão este tipo de vaporizadores é habitualmente denominado por 'ORV' – 'Open Rack Vaporizer'.

O GNL entra a uma temperatura próxima dos –150ºC e sai na fase gasosa (GN) a uma temperatura não inferior a 0ºC. Por sua vez a água não deve baixar mais do que quatro ou cinco graus desde o ponto onde é captada até ser devolvida ao mar.

Os permutadores de calor podem ser de duas geometrias distintas: tipo I – contra-corrente; tipo U – misto equi-corrente/contra-corrente. A figura 2.25 representa as duas geometrias referidas.

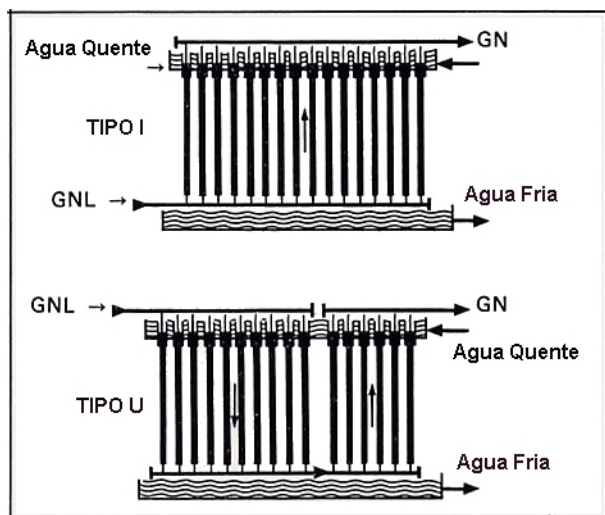



Fig. 2.25 – Esquemas dos vaporizadores de água de mar: Tipo I; Tipo U.

Fig. 2.26 – Vaporizadores de água de mar – Terminal de GNL de Huelva

Uma das vantagens deste tipo de vaporizadores face aos restantes é a disponibilidade de uma fonte quente, sendo que os únicos dispêndios energéticos em termos de operação é a energia gasta com as bombas de captação (e reenvio).

Fig. 2.27 – Bombas de captação de água de mar – Terminal de GNL de Huelva

2.3.3.2 Vaporizadores de combustão submersa

Os vaporizadores de combustão submersa são equipamentos que podem funcionar autonomamente ou como complemento dos vaporizadores de água de mar. Assim, em terminais onde a água de mar seja muito fria, exigindo caudais muito elevados para a regaseificação do GNL, os gastos com a bombagem podem tornar mais interessante a utilização de vaporizadores de combustão submersa. Partindo do mesmo pressuposto, existem zonas onde dependendo da altura do ano é mais vantajoso utilizar vaporização por água de mar ou vaporização por combustão submersa. E ainda, existem igualmente terminais que em condições nominais funcionam com vaporização de água de mar, tendo vaporizadores de combustão submersa para emissões de ponta ou como equipamentos de emergência para eventuais falhas dos sistemas principais. Em todo caso a aplicação de vaporizadores de combustão submersa é bastante comum.

Estes vaporizadores são compostos por um feixe tubular onde circula o GNL submerso num tanque, metálico ou em betão, cheio de água doce. No fundo do tanque existe uma câmara de combustão com um queimador onde se produz o calor para a vaporização. Os gases de combustão são expelidos através de placas perfuradas, que favorecem a formação de bolhas. Estas bolhas por sua vez favorecem a recuperação do calor dos produtos da combustão e promovem agitação da água do tanque por forma a evitar que se forme gelo no tubular (onde circula o GNL) tornando mais eficaz a transferência de calor água/GNL.

A alimentação do queimador pode ser a GN ou outro combustível e o fornecimento de ar é feito por intermédio de um ventilador. O controlo da potência do queimador é feito mediante o caudal de GN a emitir. Assim, através da monitorização da temperatura da água no tanque e do caudal de GNL a regaseificar, é feito um controlo na admissão de combustível e ar para a combustão. A temperatura da água no tanque deve andar em torno dos 30ºC.

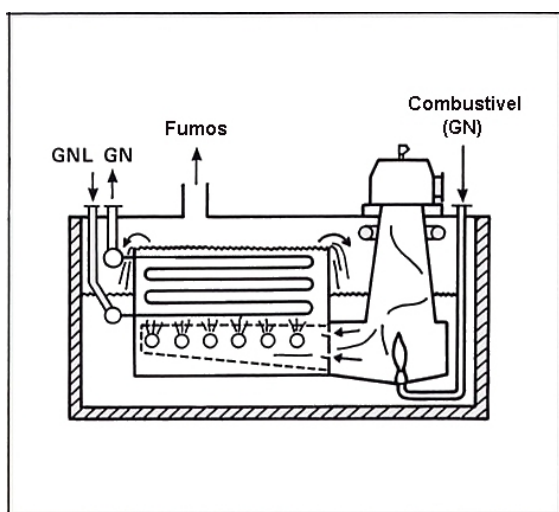



Fig. 2.28 – Esquema de um vaporizador de combustão Submersa

Fig. 2.29 – Vaporizador de combustão submersa – Terminal de GNL de Huelva

Este tipo de vaporizadores são compactos e têm um alto rendimento de transferência térmica. A regulação de combustível/ar para combustão deve permitir um bom desempenho ao nível das emissões de Nox.

É normalmente necessário neutralizar a água do tanque que ao longo do tempo se vai tornando ácida. Essa acidez é provocada pela reacção da água com os produtos da combustão e deve ser controlada, uma vez que é corrosiva para os elementos metálicos submersos.

2.3.3.3 Recuperação do frio do GNL

Os vaporizadores de água de mar e combustão submersa não se prestam ao aproveitamento do frio do GNL. Ou seja, para vaporizar uma determinada quantidade de GNL é necessário fornecer calor. Este calor provém de uma combustão ou de uma fonte quente que será em consequência arrefecida.

Poder-se-á também pensar que num processo de vaporização de GNL, esse GNL possa servir de fonte fria. E, essa fonte fria poderá servir vários propósitos:

- arrefecimento de produtos:
    - água de processo;

- azoto – sistemas de fraccionamento de ar;
- dioxido de carbono – liquefacção e solidificação de CO_2 para produção de neve carbónica;
- outros;

➢ produção de electricidade:

- condensação de freon – ciclo de Rankine e ciclo combinado (ciclo de Rankine / turbina a gás).

Estes processos serão descritos mais em detalhe no Anexo B3.

A recuperação do frio do GNL pressupõe em muitas situações a utilização de outro tipo de vaporizadores: os vaporizadores de fluído intermédio. Estes vaporizadores são habitualmente equipamentos sob pressão e tomam a forma de permutadores de feixe tubular ou de placas, tendo elevados rendimentos térmicos. A sua construção pode ser bastante complexa e depende fundamentalmente do processo onde estes equipamentos se inserem.

2.3.4 Porto de acostagem de mataneiros e sistemas de trasfega

Os portos para acostagem de mataneiros devem ter características dependendo das capacidades e dimensões dos navios, assim como das condições climatéricas e marítimas da zona de implantação do terminal.

2.3.4.1 Protecção da zona de acostagem e profundidade das águas

O primeiro aspecto a considerar para a zona de atraque de metaneiros é a capacidade dos navios que se pretende possam descarregar. Esta capacidade determina as dimensões que o porto terá que ter para poder receber estes navios. O Quadro 2.5 apresenta dimensões típicas de navios metaneiros em função da sua capacidade.

Capacidade dos Metaneiros [m³]	Comprimento [m]	Largura [m]	Calado [m]
135.000	286	44	11.8
70.000	243	34	10
40.000	200	29	8.7

Quadro 2.5 - Dimensões típicas dos navios metaneiros em função da sua capacidade

Os portos para acostagem de metaneiros poderão ter várias configurações (ver Anexo B4). A profundidade das águas na zona de atraque e de manobras deve ser adequada aos navios que se pretendam descarregar. Um porto com uma zona de atraque com profundidade de 14 metros considera-se apto a receber qualquer dos navios metaneiros disponíveis.

A zona de atraque deverá estar protegida de eventuais temporais. Essa protecção depende da frequência dos temporais, altura das vagas, diferença do nível das águas entre marés, etc.

Um dos aspectos fundamentais num terminal é a zona de acostagem de navios sendo que o seu aspecto varia de um local de implantação para outro. Sempre que possível escolhem-se locais de implementação de terminais de entre zonas com

alguma protecção face à rebentação, isto é, baias, zonas protegidas por cabos, estuários, zonas portuárias que sirvam de terminal para outro tipo de granéis e que estejam protegidas de forma natural ou artificial contra os temporais.

Fig. 2.30 – Zona de acostagem de metaneiros – Terminal de GNL de Huelva

2.3.4.2 Braços de descarga

Na zona de atraque de metaneiros estão colocados os braços de descarga. É através deles que se processam as trasfegas de GNL.

O diâmetro dos braços de descarga varia normalmente entre as 6" e as 24". O seu comprimento está normalmente compreendido entre 10m e 35m dependendo das características dos navios e do local de implantação do terminal. O dimensionamento dos braços de descarga deve permitir que os metaneiros possam descarregar a totalidade da sua carga em aproximadamente 11 horas.

A concepção dos braços de descarga é de forma a permitir a variação de altura relativa do navio em função das marés, assim como eventuais (pequenos) movimentos de translação e rotação do navio aquando das trasfegas.

A figura 2.32 apresenta a configuração de um braço de descarga. Este é composto por um conjunto de tubagens articuladas, contrapesos, polias, elementos de suportagem e ligação. As tubagens por onde passa o GNL (e GN de retorno) são em aço austenítico e os elementos articulados em aço austenítico e alumínio. Os braços são compostos por uma tubagem interior em material criogénico e outra exterior, estando o espaço anelar preenchido por isolamento térmico.

Na extremidade dos braços de descarga existe um elemento de segurança de extrema importância, conhecido como P.E.R.C. ('Power Emergency Release Coupling') apresentado nas figuras 2.33 e 2.34. Este sistema serve para evacuar de emergência o metaneiro, ou para um eventual movimento não controlado em que se interrompa bruscamente uma operação de trasfega. O PERC é composto por duas válvulas de macho esférico de accionamento simultâneo automático que quando actuadas cortam o fluxo de GNL de ambos os lados do acoplamento, permitindo o afastamento do navio da zona de atraque sem verter GNL.

Fig. 2.31 – Braços de descarga – Terminal de GNL de Huelva

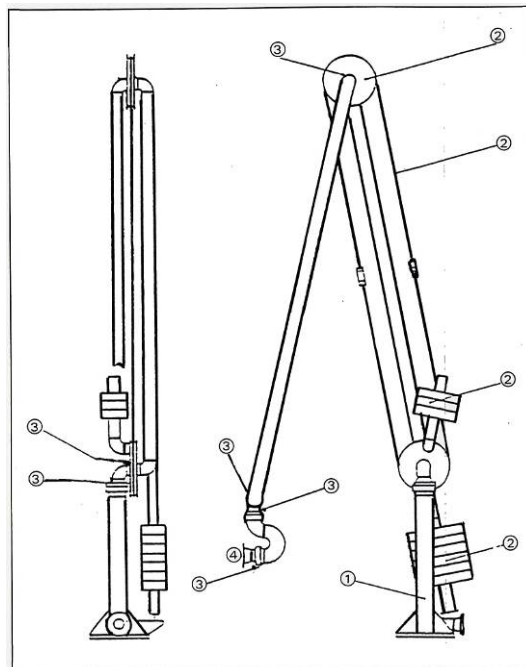



Fig. 2.32 – Esquema de um braço de descarga: 1-braço autoportante; 2-contrapeso; 3-rotulas; 4-flange de conexão.

Fig. 2.33 – P.E.R.C.

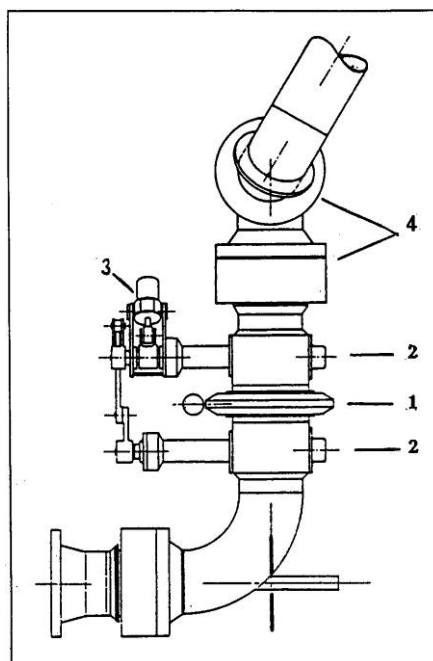



Fig. 2.34 – Esquema do P.E.R.C.: 1-P.E.R.C.; 2-válvula de macho esférico; 3-veio de comando; 4-rótula; 5-flange de conexão

Os braços de descarga existem em conjuntos de três ou quatro dependendo dos navios para que se destinam, sendo um deles de retorno de GN ao metaneiro e os restantes para a descarga de GNL.

Os braços de descarga são actuados à distância ou localmente, através de circuitos hidráulicos de comando eléctrico ou manual. O seu sistema de contrapesos faz com que, na ausência de uma actuação externa, eles recolham à sua posição.

2.3.4.3 Tubagem

A tubagem de circulação de GNL é em aço austenítico (Tp304L). O seu isolamento térmico deverá ser com uma camada de poliuretano e uma outra de foamglass. O poliuretano deve ser colocado em contacto com o tubo e o foamglass por cima, uma vez que se trata de um material incombustível. As tubagens não criogénicas (circulação de GN à temperatura ambiente) são em aço carbono.

Fig. 2.35 – Aspecto das tubagens de GNL e GN – Terminal de Huelva

Fig. 2.36 – Isolamento térmico

Um dos aspectos das tubagens criogénicas são os compensadores para as contracções e dilatações (liras) e o tipo de suportagem específica que devem ter instalada. Assim as tubagens devem ser suportadas por elementos fixos, deslizantes ou suspensas, permitindo sempre um grau de liberdade na direcção longitudinal. Entre dois elementos de suportagem fixos deve existir uma lira ou uma mudança de direcção de forma a permitir que as contracções e dilatações da tubagem motivados pelos ciclos térmicos não ponham em risco a estrutura.

Fig. 2.37 – Compensadores de dilatação - Terminal de Cartagena

Fig. 2.38 – Elementos de suportagem de uma tubagem de GNL – Terminal de Cartagena

2.3.5 Sistemas de contagem e odorização

O GNL recepcionado e armazenado nos terminais não está odorizado. A principal razão é o facto de a odorização, por razões técnicas, dever apenas ser efectuada com o fluído na forma gasosa (GN). Por esta razão a odorização é feita após a regaseificação. No entanto existe ainda algum GNL que saí dos terminais, em cisternas rodoviárias, que terá que ser odorizado posteriormente.

O composto odorisante é o Tetrahidrotiofeno (T.H.T.) na proporção de 20mg/m^3(n). A mistura de T.H.T. no GN poderá ser feita com recurso a injectores comandados por um sinal eléctrico proveniente de um sistema de contagem. Este sistema de contagem é composto por uma bateria contadores de turbina montados em série que determinam a emissão instantânea do terminal.

Fig. 2.39 – Reservatório de odorizante (THT) - Terminal de GNL de Huelva

Fig. 2.40 – Estação de regulação (antes da emissão) – Terminal de GNL de Huelva

Fig. 2.41 – Linhas de contagem – Terminal de GNL de Huelva

Fig. 2.42 – Pormenor do contador de turbina

Existem ainda outros sistemas de contagem para comando dos injectores de T.H.T. compostos por transmissores de pressão diferencial com tomadas de pressão estáticas antes e após um ‘venturi’. A calibração do sinal do transmissor permite aferir o caudal e comandar o débito das bombas injectoras.

Outro sistema possível é aproveitar a depressão a jusante do ‘venturi’ por forma a aspirar T.H.T. de um reservatório. Este sistema não garante um controlo adequado do caudal de T.H.T. uma vez que a relação entre a depressão e o caudal não é de proporcionalidade directa.

A contagem das emissões de GN é feita recorrendo a contadores de turbina, dada a sua adequação para a leitura de débitos consideráveis e contínuos. O contador de turbina é um contador volumétrico que estabelece uma relação de proporcionalidade directa entre a velocidade de rotação da turbina e o caudal que a atravessa. O valor do caudal é corrigido em função da pressão e temperatura para condições nominais (0ºC e pressão atmosférica).

2.3.6 Controlo e monitorização

A operação de um terminal deve poder ser feita localmente ou à distância, isto é, junto aos equipamentos ou a partir de uma sala de comando e controlo. Isto significa que todos os acessórios devem poder ser actuados localmente e alguns devem igualmente poder ser comandados à distância. Existe por essa razão uma grande quantidade de válvulas pneumáticas e motorizadas. Os comandos pneumáticos não oferecem quaisquer tipo de riscos já que de forma alguma poderão provocar ignição de uma eventual mistura explosiva que se forme. O mesmo não se passa com os actuadores eléctricos de equipamentos motorizados que, pelas razões apontadas, têm que ser anti-deflagrantes e de segurança intrínseca.

Por outro lado, para que se proceda ao controlo do terminal é necessário ter monitorizada a sua operação. Esta monitorização abrange:

- os tanques - no que respeita às características do GNL, ao nível de enchimento e outros aspectos relacionados com a sua operação como por exemplo pressão no seu interior, estado das bombas primárias, etc;
- funcionamento de bombas primárias e secundárias, compressores de ‘boil-off’ – no que respeita a débitos, pressões a montante e jusante dos equipamentos de elevação de pressão, etc;
- funcionamento de vaporizadores – estado e débitos;

- ilhas de carga de cisternas – estado e débitos;
- sistemas de trasfega;
- outros.

Determinados ‘set-points’ ocasionam o accionamento de alarmes, para os quais existe um protocolo de resposta de forma a anular ou minimizar os efeitos da causa que os motivou.

Outro aspecto que é verificado a partir da sala de controlo é o acesso a determinadas áreas. Um terminal moderno é uma área vigiada e o acesso a determinadas áreas é condicionado. Os terminais possuem habitualmente câmaras em pontos chave visionadas a partir da sala de controlo. Esta vigilância não exclui no entanto a existência de outros pontos de controlo nomeadamente no acesso às instalações do terminal, ilhas de carga de cisternas e zona de atraque de navios.

Fig. 2.43 – Actuador eléctrico – Terminal de GNL de Huelva

2.3.7 Segurança

Os aspectos relacionados com a segurança nos terminais foram sendo abordados ao longo deste texto em alguns pontos. A segurança nas trasfegas de GNL (ver 2.3.4) e o controlo e monitorização da operação (ver 2.3.6) são talvez os aspectos fundamentais. A concepção de um terminal deve permitir minimizar as probabilidades de acidente, no entanto, não se pode considerar a segurança como um dado adquirido.

A concepção dos terminais prevê medidas para a contenção de fugas de GNL (ver 2.2.1), medidas para a dispersão de nuvens ocasionadas por alivio de pressão e medidas anti-incêndio.

A contenção de fugas de GNL está prevista no projecto dos tanques, protecção da tubagem e na implementação de bacias de retenção.

Fig. 2.44 – Quadro de comando do Terminal de GNL de Huelva

Fig. 2.45 – Sala de comando do Terminal de GNL de Huelva

Fig. 2.46 – Sala de comando do Terminal de GNL de Huelva

A dispersão de nuvens de vapores de GNL ocasionadas pelo disparo de válvulas de segurança é controlada pela altura a que se encontram os ventes ou aberturas das referidas válvulas (sempre que estas não estão ligadas a ventes ou tochas) O GN à temperatura ambiente é mais leve do que o ar e como tal ascende na atmosfera. O mesmo não acontece com os vapores de GNL que a baixa temperatura são mais densos que o ar, concentrando-se junto ao solo aumentando o risco de criação de uma atmosfera explosiva. Sempre que estes vapores não sejam queimados (na tocha do terminal) a altura a que são lançados na atmosfera deve permitir que recebam calor suficiente para que não se concentrem nuvens junto ao solo. Existem algumas modelações para a dispersão de nuvens de GN e vapores de GNL que são apontadas de forma sucinta no Projecto de Norma PrEN 13645.

Estão consideradas nas normas NFPA-59A e BS EN 1473 distâncias de segurança que visam alguns dos aspectos referidos e que são determinantes na implementação de um terminal.

Fig. 2.47 – Tocha criogénica – Terminal de GNL de Huelva

Fig. 2.48 – Vente – Terminal de GNL de Cartagena

Distâncias de Segurança

- distância a aglomerados populacionais consideráveis: 2.000m;
- distância entre paredes exteriores de tanques: 1/2 diâmetro do maior reservatório;
- distância das paredes dos tanques ao limite da propriedade: 30m;
- área de radiação da tocha: 120m;
- distância dos tanques à área de processo: 40m;
- distância de tanques a edifícios: 100m;
- distância das ilhas de carga de cisternas a edifícios: 60m;
- o perímetro interior do terminal deve dispor de uma estrada para emergências e combate a incêndios.

Finalmente consideramos importante dar alguma relevância aos sistemas e medidas implementadas para combate a incêndio nos terminais. Os terminais dispõem de meios de combate a incêndios incluindo uma rede que cobre exteriormente os tanques e que isola determinados equipamentos e áreas. Essa rede permite que numa situação de incêndio se criem cortinas de água que possam conter a propagação do fogo e ao mesmo tempo proteger áreas de maior concentração de material combustível ou explosivo. Essa rede pode ser comandada localmente ou à distância.

Fig. 2.49 – Rede antí-incêndio – Terminal de GNL de Cartagena

2.50 – Rede de combate a incêndios (cúpula de um tanque de GNL) – Terminal de GNL de Huelva

A existência de uma rede anti-incêndio não exclui a existência de outros meios de combate a fogos. Estes vão desde os extintores de pó químico até às viaturas de combate ao fogo.

Existem espalhados por toda a área de implantação do terminal detectores apropriados, ligados à central de detecção de incêndios instalada geralmente na sala de controlo e comando.

Fig. 2.51 – Posto de combate a incêndios – Terminal de GNL de Huelva

Fig. 2.52 – Extintores de pó químico – Terminal de GNL de Huelva

2.4 Transporte Terrestre de GNL

O transporte terrestre de GNL pode ser feito por via rodoviária ou ferroviária. Em ambos os casos o transporte fica abrangido pela regulamentação para equipamentos sob pressão transportáveis (ESPT) – Directiva 99/36/CE de 29 de Abril de 1999, assim como as directivas 94/55/CE de 21 de Novembro de 1994 e 96/49/CE de 23 de Julho de 1996 que transpõem o ADR e o RID respectivamente.

O transporte de GNL é feito através de camiões cisterna ou contentores cisterna. Os contentores cisterna podem ser transportados por camião, comboio ou até em navios (sob certas condições de segurança).

2.4.1 Características das cisternas e camiões-cisterna

Habitualmente distinguem-se as cisternas dos camiões-cisterna pelo seguinte facto: as cisternas são constituídas por um semi-reboque para transporte de mercadoria perigosa puxado por um tractor, enquanto os camiões-cisterna constituem um conjunto rígido.

Os camiões-cisterna são pouco utilizados para o transporte de GNL, no entanto os veículos aptos ao transporte de fluidos criogénicos como o azoto, o oxigénio e o árgon podem ser facilmente adaptados ao transporte de GNL. São mais utilizados os veículos articulados por terem, geralmente, maiores capacidades. As cisternas têm capacidades variando entre os 40.000 litros e os 54.000 litros.

O reservatórios são construídos em aço austenítico (tp304L) adequado às temperaturas do GNL (-160ºC). No interior do reservatório, de acordo com as especificações do ADR (Acordo Europeu para o Transporte de Mercadoria Perigosa por Estrada), devem existir anteparas que quebrem o movimento livre do fluído no seu interior por forma a evitar perda de estabilidade do veículo (ver figura 2.54).

O isolamento térmico é, no caso dos veículos articulados, em poliuretano. Existem ainda alguns reservatórios de dupla parede com câmara de vácuo e preenchidos com perlite no espaço anelar; no entanto este tipo de construção torna o reservatório, e logo o conjunto, muito mais pesado. Desta forma, e para que a razão entre volume transportável e peso bruto seja a maior possível, opta-se de uma maneira geral por reservatório de parede simples e isolamento a poliuretano.

Os reservatórios das cisternas e camiões-cisterna independentemente do tipo de construção (parede simples ou dupla) não possuem entrada de homem, isto é não podem ser inspeccionados interiormente (ao contrário da maioria das cisternas para transporte de outros fluidos).

A pressão máxima de serviço das cisternas é de habitualmente 7.0 barg – ligeiramente superior à pressão máxima dos reservatórios das plantas satélites (ou unidades autónomas de gás natural), na ordem dos 5,0barg.

As cisternas têm dispositivos de segurança para sobrepressões (sistema de válvulas de segurança) e contra sub pressões em alguns modelos. Estes dispositivos (quando existem) funcionam identicamente aos 'PPR' das Plantas Satélite (ver fig 2.61).

Fig. 2.53 – Cisterna de GNL (capacidade de 50.000litros)

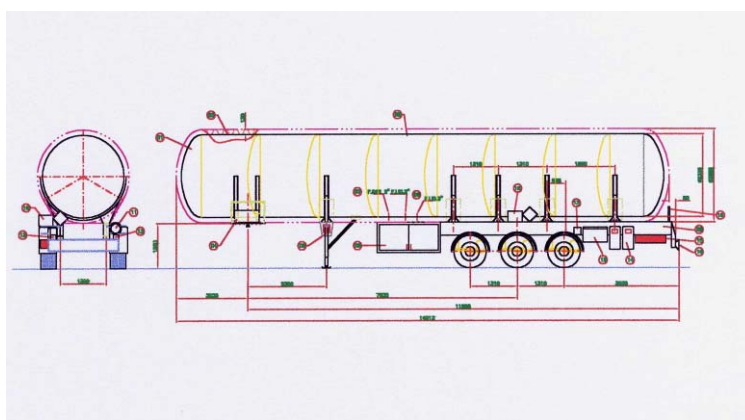



Fig. 2.54 – Esquema da cisterna de GNL (capacidade 50.000 litros)

As cisternas de transporte de GNL, contrariamente às cisternas de outros combustíveis (líquidos e gasosos), não possuem bombas para as operações de trasfega. O processo de trasfega faz-se da seguinte forma:

i. as cisternas têm uma picagem na geratriz inferior onde saí GNL que passando por um permutador de calor atmosférico, instalado na planta satélite, passa a fase gasosa;

ii. a vaporização de 1m^3 de GNL dá origem a 575m^3(n) de GN;

iii. o GN retorna à cisterna por uma picagem na geratriz superior (fase gás);

iv. este processo ocorre em circuito fechado onde o fluxo de calor no permutador atmosférico provoca evaporação de GNL e consequente aumento de pressão na cisterna;

v. a trasfega processa-se por diferença de pressões entre a cisterna e o reservatório da planta satélite que pretendemos abastecer, uma vez que a pressão máxima de serviço destes reservatórios é inferior à da cisterna;

Fig. 2.55 – Trasfega de GNL – Planta Satélite de Bragança

Fig. 2.56 – Permutador de calor atmosférico - Planta Satélite de Bragança

Os enchimentos das cisternas no Terminais de GNL são levados a cabo utilizando a pressão disponível (entre os 5,0 e os 10,0barg) após o circuito primário de bombagem.

Fig. 2.57 – Enchimento de uma cisterna de GNL – Terminal de GNL de Huelva

2.4.2 Características dos contentores cisternas

Os contentores cisterna são muito pouco utilizados na Europa sendo mais habituais no Japão, motivado pelo do transporte ferroviário. Os contentores cisterna utilizados no transporte de GNL podem ser utilizados para diversos outros fluidos como Azoto, Árgon e Oxigénio. Contrariamente às cisternas têm uma construção mais rígida, logo mais pesada, uma vez que devem estar adequados para serem elevados (com a sua carga máxima) por gruas. Os contentores cisterna são habitualmente de dupla parede com isolamento por câmara de vácuo mais perlite. Por esta razão o seu isolamento é de melhor qualidade o que permite viagens de maior duração (sem disparos das válvulas de segurança). No entanto a sua estrutura mais pesada não permite capacidades tão elevadas como as cisternas de veículos articulados – normalmente entre os 32.000l e os 40.000l – de forma a permitir que esses contentores possam ser carregados em veículos de longo curso vulgares.

Fig. 2.58 – Contentor cisterna criogénico (capacidade de 32.000 litros)

O reservatório do contentor-cisterna é encastrado numa estrutura em forma de paralelepípedo que lhe garante a suportagem e permite a sua elevação.

O transporte por mar de contentores-cisterna de GNL em navios porta-contentores poderá constituir no futuro uma hipótese para a utilização de GN em ilhas de muito pequena dimensão, a exemplo do que se fez nas regiões autónomas no inicio da colocação de gás propano. Este tipo de transporte deve no entanto ser estudado com algum detalhe dado que o transporte de GNL representa alguns riscos acrescidos que o transporte de propano não acarreta.

2.5 Plantas Satélite

As Plantas Satélite têm como objectivo fornecer GN a zonas afastadas das redes de transporte na condição de puderem receber GNL de um terminal ou instalação análoga de armazenagem. Isto é, o GNL que abastece as Plantas Satélite é transportado em cisternas ou contentores cisterna por rodovia ou ferrovia.

Uma Planta Satélite ou UAGNL é composta por:

- Reservatórios criogénicos;
- Sistemas de regaseificação;
- Sistemas para trasfega;
- Posto de regulação;
- Sistemas de contagem e odorização;
- Equipamento de controlo e transmissão de dados;
- Sistemas de segurança.

De seguida, cada um dos sistemas enumerados e seus componentes serão descritos mais em detalhe.

2.5.1 Reservatórios Criogénicos

O tipo de reservatórios utilizados nas Plantas Satélites pouco têm em comum com os tanques de armazenagem dos terminais. Dadas as suas características construtivas poder-se-á estabelecer um paralelo com o tipo de equipamento utilizado para gases industriais e medicinais (por exemplo azoto, oxigénio, árgon, etc).

Os reservatórios das Plantas Satélites, em oposição aos tanques de armazenagem dos terminais, são equipamentos sob pressão, isto é, operam a uma pressão consideravelmente superior à atmosférica. Habitualmente, a pressão de serviço dos reservatórios é da ordem dos 5,0 barg.

A capacidade unitária dos reservatórios varia entre os 60m^3 e os 250m^3 havendo no entanto alguns reservatórios adaptados de menores capacidades. A capacidade de armazenagem de uma Planta Satélite depende, obviamente da capacidade unitária dos reservatórios e do número de reservatórios instalados.

Não existem grandes referências no que respeita à taxa de ‘boil-off’ destes reservatórios. No entanto, admite-se que num reservatório sem consumo carregado com GNL a 80% a pressão não possa subir mais que 0,5bar diariamente.

O Regulamento que enquadra estas instalações (Portaria 568/2000 de 7 de Agosto) obriga à construção de uma bacia de retenção que envolva a área de implantação dos reservatório e que possa conter o volume máximo armazenavel na planta.

Os reservatórios de GNL das Plantas Satélite podem ser de diferentes geometrias, no entanto o mais usual é serem cilíndricos horizontais. São constituídos por:

- um reservatório interior (recipiente);
- um reservatório exterior (envolvente);

- isolamento (espaço anelar).

O projecto de um reservatório deste tipo é baseado em códigos de construção internacionalmente reconhecidos, adequados para equipamentos sob pressão. Estes códigos seleccionam materiais de acordo com o tipo de serviço do reservatório (temperaturas) e calculam a espessura de acordo com a pressão de cálculo. A pressão de cálculo leva em linha de conta a pressão máxima de serviço (fase gás), a pressão hidrostática e o tipo de isolamento (existência de câmara de vácuo). Outros aspectos fundamentais do dimensionamento destes reservatórios prende-se com o tipo de controlo a que são sujeitos durante a sua construção.

Fig. 2.59 – Reservatórios Criogénicos (capacidade unitária de 80 m³)
– Planta Satélite de Chaves

2.5.1.1 Reservatório clássico

Os reservatórios típicos aplicados nas plantas satélite têm as seguintes características:

- Pressão máxima de serviço: 5,0barg;
- Capacidades: 60 a 250m³;
- Reservatório interior em aço austenítico inoxidável (habitualmente Tp304L);
- Reservatório exterior em aço carbono (habitualmente St 37.2) nervurado interna ou externamente, dependendo dos fabricantes;
- Isolamento através de câmara de vácuo e pérlite (espaço anelar);
- Suportagem do reservatório interior através de elementos constituídos à base de resina sintética com rigidez e resistência térmica adequadas.

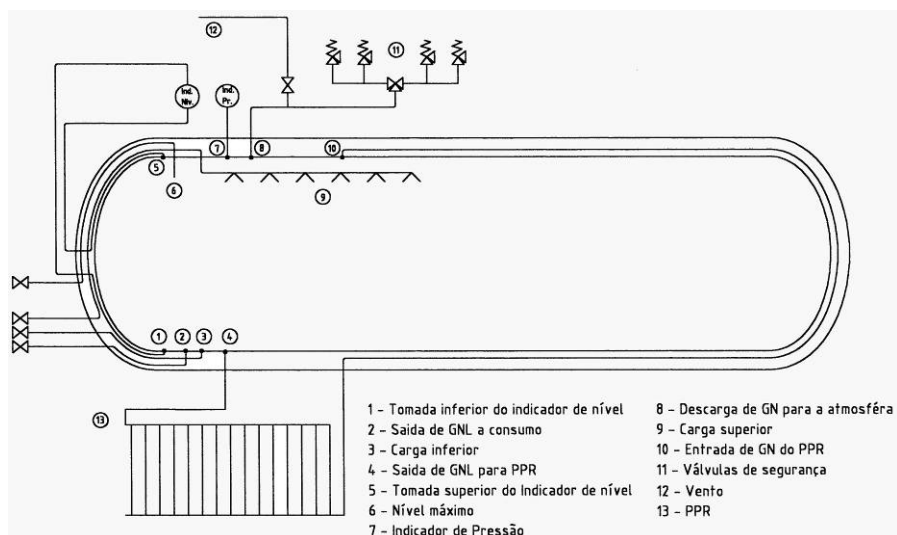



Fig. 2.60 – Esquema de um reservatório criogénico de GNL

2.5.1.2 Sistemas de controlo de pressão

Os reservatórios de GNL das Plantas Satélite têm instalados um conjunto de acessórios que compreende as válvulas de segurança e o 'PPR'. Estes equipamentos têm como função controlar a pressão no interior do reservatório.

O 'PPR' ('Puesta em Pression Rápida') é um permutador de calor atmosférico que, na eventualidade da pressão descer abaixo de um valor pré-determinado, converte fase líquida em gás. O 'PPR' recebe GNL através de uma picagem na geratriz inferior do reservatório e devolve GN através de uma abertura na geratriz superior. A evaporação de 1m^3 de GNL origina aproximadamente 575m^3 de GN, desta forma a conversão de GNL em GN permite elevar a pressão no interior do reservatório.

Fig. 2.61 – 'PPR' – Planta Satélite de Évora

Outro mecanismo de controlo da pressão no interior do reservatório é a linha de economização. A linha de economização abre quando a pressão no interior do reservatório ultrapassa um determinado valor. Esta linha permite evacuar GN para consumo o que, naturalmente, faz baixar a pressão no interior do reservatório.

Os mecanismos descritos (‘PPR’ e economização) permitem determinar ‘set-points’, isto é, um intervalo de pressão de serviço para o reservatório. Estes ‘set-points’ são bastante importantes uma vez que, na maioria das Plantas Satélite, é a partir dos valores de pressão nos reservatórios que operam as redes de distribuição. Ou seja, a maioria das Plantas Satélite, contrariamente aos terminais, opera sem bombagem.

Os reservatórios de GNL das Plantas Satélite têm instalados um conjunto de quatro válvulas de segurança. Estas quatro válvulas são, mais concretamente, dois conjuntos de duas válvulas que operam em paralelo seccionadas por uma válvula de três vias. Em cada conjunto, uma das válvulas dispara à pressão máxima de serviço e, a outra dispara a 1,3 vezes a pressão máxima de serviço permitindo o alivio de pressão em casos extremos (temperatura exterior de 850ºC na eventualidade de um fogo próximo).

Em condições normais de fornecimento de GN não serão de esperar aberturas das válvulas de segurança. No entanto, em situações de ausência de consumo a linha de economização não permite baixar a pressão, redundando por vezes em abertura das válvulas de segurança e desperdício de gás. A libertação de GN proveniente de uma abertura de uma válvula de segurança é conduzida através de um vente até uma altura mínima de 5 metros por razões de segurança.

Fig. 2.62 – Descarga atmosférica de GN através de um vente - Planta Satélite de Olhão

2.5.1.3 Outros acessórios

Na figura 2.60 está representado um esquema de um reservatório sob pressão para GNL. Podem ver-se para além do ‘PPR’, linha de economização e válvulas de segurança os seguintes acessórios e linhas:

- linha de saída de GNL a consumo;
- linha de carga inferior;
- linha de carga superior;

- linha de máximo enchimento (volume útil = 90% da capacidade geométrica);
- indicador de pressão;
- indicador de nível.

Os indicadores de nível e pressão incluem instrumentação analógica e transmissores. A instrumentação analógica permite uma monitorização local destes parâmetros por parte de um eventual operador. Os transmissores têm a finalidade de permitir o controlo remoto da pressão no interior do reservatório, através dos mecanismos descritos atrás, e accionar alarmes relacionados com o nível de GNL e pressões atingidas. O transmissor de pressão funciona por leitura directa ao passo que o nível é obtido através de um sinal de um transmissor de pressão diferencial fazendo a relação entre a pressão hidrostática e o volume do reservatório. A fiabilidade das leituras de nível está desta forma condicionada pela correcta aferição do transmissor de pressão diferencial.

2.5.2 Sistemas de Regaseificação

Os equipamentos de regaseificação colocados nas plantas satélite compreendem dois tipos distintos de sistemas que podem operar em conjunto ou isoladamente.

- Sistemas de vaporização natural;
- Sistemas de vaporização por água quente;
- Sistemas mistos.

Seguidamente faremos uma breve descrição de cada um destes sistemas e guardaremos para o final alguns dos critérios de solução possíveis de adoptar na escolha de um sistema.

2.5.2.1 Vaporização natural

Os sistemas de regaseificação baseados na vaporização natural do GNL pressupõem a utilização de permutadores de calor atmosféricos. Assim, a fonte quente utilizada para o aquecimento e mudança de fase do GNL é o ar ambiente. Desta forma, pode concluir-se que, este tipo de sistema depende fortemente das condições climatéricas (temperatura, humidade e vento).

A eficiência de um sistema de vaporização atmosférico aumenta com o aumento da temperatura ambiente e velocidade do vento, uma vez que o mecanismo determinante para a transmissão de calor é a convexão natural. Inversamente um aumento da humidade reduz a eficiência do sistema. Com efeito, os vaporizadores atmosféricos favorecem a formação de gelo junto aos tubulares que funciona como isolante. A formação de gelo cobrindo os tubulares faz com que a determinada altura o vaporizador sature, perdendo a capacidade regaseificar o GNL. Esta saturação do vaporizador ocorre tanto mais rapidamente quanto maior for a humidade relativa.

Considera-se que o tempo necessário para condensar o gelo que cobre os permutadores saturados seja o dobro do necessário para a sua saturação (em plena carga). Por esta razão os sistemas de vaporização natural têm geralmente duas ou três linhas paralelas que funcionam de forma rotativa garantindo assim a continuidade do processo.

Os vaporizadores atmosféricos têm capacidades na ordem dos 600 a 1.500m^3(n)/h. Para satisfazer consumos maiores, por exemplo 2000m^3(n)/h dispõem-se 3 vaporizadores de 700m^3(n)/h em paralelo; por sua vez para garantir a continuidade da vaporização poder-se-iam aplicar três conjuntos o que perfazia um total de 9 vaporizadores de 700m^3(n)/h.

Atendendo ao custo e dimensões de cada permutador de calor atmosférico facilmente se conclui que um sistema exclusivo de vaporização natural requer algum espaço e pode ter investimento inicial um pouco superior aos dos outros sistemas. Uma das vantagens reside no facto de não requerer consumo de GN da própria planta na sua operação.

Fig. 2.63 – Vaporizador atmosférico de 700m³(n)/h – Planta Satélite de Bragança

Os permutadores de calor atmosféricos são equipamentos simples constituídos por um colector de distribuição de GNL, outro colector de recolha de GN e um feixe de tubos alhetados. Os colectores são em alumínio ou aço inoxidável austenítico e os tubos alhetados são em alumínio. A escolha destes materiais tem a ver com a sua adequabilidade para serviço criogénico e, no caso concreto do alumínio, o seu elevado coeficiente de transmissão térmico.

2.5.2.2 Vaporização por água quente

Os sistemas de vaporização por água quente são compostos por um permutador de calor de feixe tubular, onde circula o GNL e água quente proveniente de caldeiras que queimam algum GN da própria planta.

As Plantas Satélite que adoptam este sistema de regaseificação têm uma casa de caldeiras operando a GN. Existe igualmente um circuito de águas, aquecidas pelas caldeiras e bombeadas até ao permutador de calor de feixe tubular colocado, habitualmente, no interior da bacia de retenção. Por sua vez a água à saída do permutador de feixe tubular regressa à casa de caldeiras é reaquecida e reenviada ao permutador. Este processo decorre em circuito fechado reduzindo assim as perdas de calor.

As desvantagens na adopção deste sistema são imediatas e estão relacionadas com os consumos energéticos de GN, para as caldeiras, e electricidade, para a bombagem, que elevam os custos de operação da planta. Por sua vez este sistema é bastante fiável, permitindo controlar com bastante eficácia a temperatura de emissão do GN. Outra das vantagens prende-se com o facto deste sistema ser bastante mais compacto e permitir maiores emissões.

A capacidade de vaporização dos permutadores de calor feixe tubular vai deste os 1.500m³(n)/h até aos 6.000m³(n)/h.

Fig 2.64 – Permutador de calor de feixe tubular de 3.000m³(n)/h - Planta Satélite de Bragança

Fig. 2.65 – Casa de caldeiras – Planta Satélite de Bragança

Fig. 2.66 – Circuito de bombagem de água quente
– Planta Satélite de Bragança

2.5.2.3 Sistemas de vaporização mistos

Estes sistemas utilizam vaporizadores atmosféricos e vaporizadores de água quente. Estes elementos são colocados em série e visam a garantir fiabilidade e baixo custo de operação.

O mecanismo de regaseificação inclui uma bateria de vaporizadores atmosféricos que funcionam de acordo com os princípios referidos em 2.5.2.1. A jusante destes elementos é colocado um sistema de vaporização por água quente que tem a finalidade de ajustar a temperatura de emissão do GN. Desta forma consegue-se fiabilidade quanto às propriedades do GN na emissão e conseguem-se menores gastos energéticos no processo de regaseificação.

Outra vantagem prende-se com a versatilidade do conjunto no que respeita à capacidade de regaseificação.

Os vaporizadores atmosféricos são de concepção idêntica aos já referidos em 2.5.2.1. Quanto aos sistemas de vaporização por água quente existem variantes diversas. Os permutadores de calor de água quente/GN podem ser de feixe tubular ou banho-maria. Os permutadores de calor de feixe tubular são idênticos aos descritos em 2.5.2.2, mas com capacidades menores e projectados com o intuito de aquecimento de GN sem mudança de fase – esta deveria ter ocorrido a montante na bateria de vaporizadores atmosféricos. Os permutadores de calor de água quente/GN do tipo banho-maria têm uma concepção diferente, são compostos por um vaso de maiores dimensões onde passa um tubo em forma de espiral onde se processa a troca de calor.

Os permutadores de feixe tubular são utilizados por quase todos os instaladores com patentes próprias, enquanto os do tipo banho-maria são utilizados em plantas servindo-se da tecnologia da Air Liquide.

Os sistemas de vaporização por água quente dos sistemas mistos não dispensam, naturalmente, as caldeiras a GN e o circuito de água com bombagem. Neste caso as potências das caldeiras e bombas são menores que nos sistemas de vaporização exclusiva por água quente.

2.5.2.4 Selecção

A selecção de um sistema de vaporização é um tema que obedece a um certo número de critérios, muitas vezes bastante discutíveis. São levados em linha de conta:

- o clima do local de implantação da instalação;
- o tempo de vida expectável para essa instalação;

- o tipo de consumidores que abastece;
- as disponibilidades logísticas dos fornecedores dos equipamentos;
- a sensibilidade do projectista face às características dos sistemas.

Os últimos dois factores são os mais subjectivos e por isso mesmo entendemos não aborda-los.

Fig. 2.67 – Bateria de vaporizadores atmosféricos (sistema de vaporização misto) - Planta Satélite de Évora

Fig. 2.68 – Permutador de calor de feixe tubular (sistema de vaporização misto) – Planta Satélite de Évora

Relativamente ao clima do local de colocação da Planta Satélite, este determina desde logo a viabilidade ou não para aplicação de um sistema de vaporização natural exclusivo. A eficácia destes sistemas, como já se falou, estão muito condicionados pela temperatura, humidade e vento. Desta forma, o tipo de clima desempenha um papel fundamental na escolha deste sistema.

O período de actividade de uma planta também é um factor importante. É habitual que os sistemas com maior investimento inicial representem maiores custos operacionais e, contrariamente, os sistemas com menores custos operacionais sejam inicialmente mais caros. Assim, um sistema mais caro pode a prazo tornar-se mais económico. Uma situação que ilustra este facto é o de, em Espanha, as instalações satélite servirem muitas vezes como angariadores de clientes, isto é, pretende-se familiarizar os consumidores, antes que chegue o GN canalizado. Estas instalações são projectadas para 3 a 6 anos e por isso têm características diferentes de uma planta que se pretenda eterna.

Outra característica que determina os sistemas de regaseificação é o tipo de cliente. Para uma planta que abasteça fundamentalmente consumidores domésticos, a emissão varia muito ao longo do dia, existindo períodos de baixo consumo e outros com consumo elevado. Para estes consumidores um sistema de vaporização misto é o mais interessante, uma vez que em regimes de ponta funcionam a vaporização atmosférica com auxílio do sistema de água quente e nas outras alturas

a vaporização atmosférica por si só bastaria para assegurar a emissão. Em oposição para clientes industriais, com consumos mais ou menos constantes ao longo do dia, poderá ser mais interessante seleccionar um sistema de vaporização exclusivo por água quente. Neste sistema não estamos perante os problemas de saturação dos permutadores atmosféricos e os consumos de GN da própria planta poder-se-ão tornar pouco significativos face ao consumo global.

2.5.3 Regulação, Contagem e Odorização

A jusante da vaporização é colocado um posto de regulação. Este posto inclui os redutores, filtros, válvulas de seccionamento e instrumentação diversa.

Os postos de regulação podem ter diferentes características, no entanto a sua finalidade é sempre a mesma. Como a pressão no interior do reservatório funciona entre dois ‘set-points’ e pretende-se que a pressão à saída da planta seja um valor predeterminado, faz-se passar o GN a consumo por um redutor de pressão. A montante deste redutor a pressão pode variar, no entanto, a jusante o valor é constante – naturalmente inferior à pressão a montante. É a partir deste valor de pressão que se podem projectar as redes de distribuição a partir da Planta Satélite. A pressão à saída do redutor deve estar entre 0,5barg e 4,0barg cumprindo assim o regulamento relativo à pressão admissível para redes de distribuição.

Fig. 2.69 – Rampa de regulação – Planta Satélite de Bragança

Podem existir Plantas Satélite que abasteçam redes de transporte de segundo escalão, e por isso terão de ter sistemas de bombagem a montante da regulação. Neste caso os redutores estão tarados para pressões superiores, na ordem dos 14 a 18barg. Este tipo de instalação é muito pouco utilizada uma vez que se pretende que as Plantas Satélite sejam implantadas próximas dos seus consumidores por razões económicas.

A contagem poderá ser levada a cabo de diversas formas.

Se a planta for propriedade do consumidor, caso de algumas plantas dedicadas para clientes industriais, esta poderá carecer de contador. Neste caso o cliente paga a carga de GNL aquando da trasfega e sabe que o gás será sempre consumido por si.

Se o proprietário da planta explorar uma rede de distribuição poderá apenas colocar um contador a jusante da regulação. Desta forma poderá contar o gás consumido e cruzar a informação com as facturas dos seus clientes, podendo determinar os consumos de uma eventual casa de caldeiras na planta e perdas no seu sistema de distribuição.

Se os proprietários da planta e da rede de distribuição não forem os mesmos terá que existir contagem à saída da planta. Neste caso o cliente da planta é o explorador da rede de distribuição e apenas deve pagar o GN que é colocado na sua rede. Os eventuais consumos de GN por parte da planta terão que ser suportados pelo seu proprietário.

Fig. 2.70 – Linha de contagem – Planta Satélite de Bragança

Fig. 2.71 – Pormenor do contador de turbina

É habitual as plantas estarem dotadas de um contador de paredes deformáveis à entrada da casa de caldeiras (quando existe) e de um contador de turbina à saída da planta.

O GNL proveniente dos terminais, está isento de compostos odorizantes e, assim, procede-se à odorização do GN após a regaseificação. O composto odorizante é o Tetrahidrotiofeno (T.H.T.) na proporção de 20mg/m^3(n). Para injectar o T.H.T. utilizam-se dois sistemas:

- bombas injectoras accionadas electricamente que doseiam automaticamente a quantidade de T.H.T. em função do caudal de GN;

- Aspiração produzida por efeito de Venturi, e que varia em função do caudal de GN que passa através de uma placa de orifício calibrado.

Este último sistema é o mais utilizado porque o sistema de bombas apresenta pouca sensibilidade aos pequenos caudais. Os reservatórios de T.H.T. podem ser calorifugados por traçagem eléctrica para aumentar a fluidez do composto odorizante facilitando a sua aspiração.

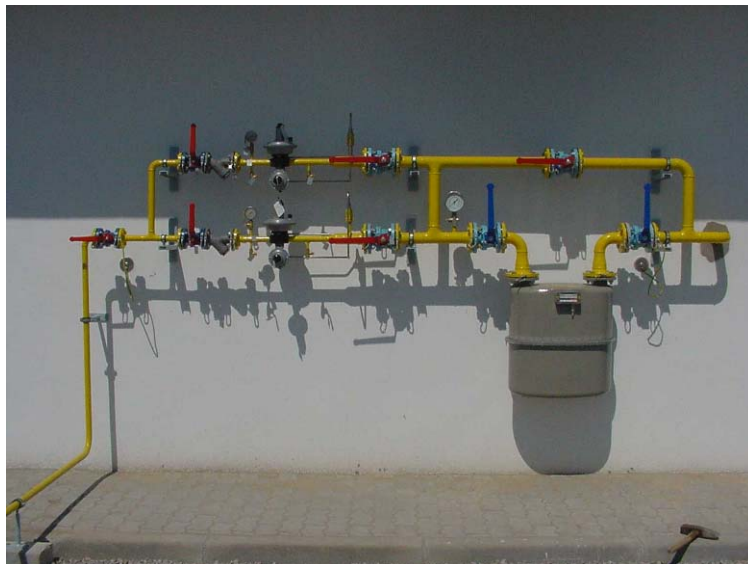



Fig. 2.72 – Rampa de regulação e contagem para a casa de caldeiras – Planta Satélite de Bragança

Fig. 2.73 – Reservatório de odorizante – Planta Satélite de Olhão

2.5.4 Controlo e transmissão de dados

As Plantas Satélites não possuem pessoal permanente. Por esta razão parte da operação da planta deve ser automatizada. As plantas dispõem de um uma cabina de controlo onde são processados diversos parâmetros: pressão, temperatura, nível de enchimento dos reservatórios, caudais, etc. Estes parâmetros determinam respostas como por exemplo o accionamento do 'PPR', abertura de linhas de economização, abertura e fecho de válvulas pneumáticas determinando os fluxos de GNL e GN na planta e outros.

Fig. 2.74 – Válvula de seccionamento accionada pneumaticamente – Planta Satélite de Évora

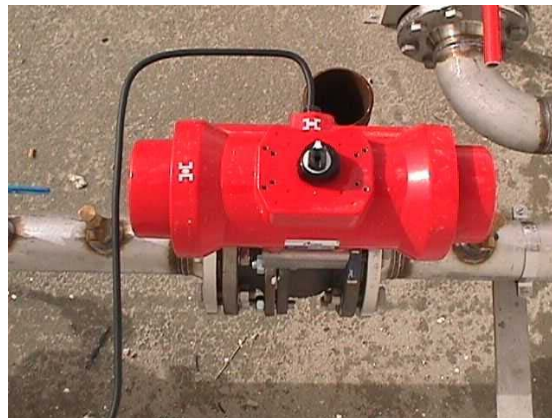



Fig. 2.75 – Válvula de seccionamento accionada pneumaticamente – Planta Satélite de Évora

Outros aspectos da operação são também controlados localmente, como por exemplo a rotatividade de caldeiras, bombas, conjuntos de vaporizadores atmosféricos e elementos de reserva.

Este processamento é feito num autómato programável colocado no armário de controlo da planta. Este autómato tem inseridos como dados os diversos ‘set-points’ da planta e de acordo com eles dá sinais de alarme. Estes alarmes são visualizados localmente e transmitidos para o centro de despacho onde a planta é controlada. A identificação de um alarme no centro de despacho dá origem a que seja deslocado um piquete de manutenção que, possa tomar as acções correctivas adequadas, por forma a retomar a actividade normal da planta. As Plantas Satélite ficaram conhecidas em Portugal como ‘Unidades Autónomas de Gás Natural Liquefeito’ (UAGNL) como reconhecimento da sua capacidade de operação sem pessoal residente.

Fig. 2.76 – Armário de controlo (autómato) – Planta Satélite de Bragança

2.5.5 Equipamento eléctrico

As instalações eléctricas nas Plantas Satélite devem obedecer à Portaria 568/2000 de 7 de Agosto e demais legislação e normalização adequada a este tipo de instalações. São definidas zonas de risco atendendo à probabilidade de formação de atmosferas potencialmente explosivas. Nestas zonas o equipamento deve ser anti-deflagrante e de segurança intrínseca.

Outro dos aspectos das Plantas Satélite é o facto de se pretender uma autonomia face a eventuais falhas de corrente eléctrica. Diversas plantas têm instalados grupos electrogéneos e uma UPS na sala de controlo.

Fig. 2.77 – Grupo electrogéneo (de emergência) - Planta Satélite de Bragança

2.5.6 Sistemas de trasfega

As plantas satélite são abastecidas por cisternas ou contentores cisterna descritos em 2.4. Estes equipamentos são classificados como ‘Equipamentos sob pressão transportáveis’ (ESPT) e estão ao abrigo do RPE e RID, que enquadram o transporte de mercadoria perigosa por estrada e por via férrea respectivamente.

A cisterna ou contentor cisterna incorpora um reservatório que, no caso do GNL, está habitualmente projectado para uma pressão máxima de serviço de 7,0barg. Este valor é um pouco acima da pressão máxima de serviço dos reservatórios das plantas satélite.

A trasfega de GNL da cisterna para o reservatório de uma Planta Satélite faz-se sem recurso a bombas. O processo é o seguinte:

- A cisterna tem 3 tubuladuras: uma com diâmetro de 2” que recebe fase líquida (GNL) da cisterna, outra de 3” de retorno de fase gás (GN) à cisterna e finalmente a terceira de 3” que serve para transferir o GNL desde a cisterna para o reservatório da planta satélite;

- Na Planta Satélite existe um permutador de calor atmosférico que recebe GNL da cisterna e devolve-lhe GN, aumentando assim a pressão no interior da cisterna, de forma análoga à descrita na secção 1.5.1.2 para o ‘PPR’;

Fig. 2.78 – Vaporizador de descarga de cisternas (tipo I) - Planta Satélite de Bragança

Fig. 2.79 – Linhas e vaporizador de descarga de cisternas (tipo U) – Planta Satélite de Évora

O aumento de pressão na cisterna fica a dever-se ao facto de 1m^3 de GNL originar aproximadamente 575m^3 de GN, assim o fluxo de calor no 'permutador atmosférico de descarga de cisternas' recebe energia que se converte parcialmente em calor latente de evaporação e, inicialmente a volume constante, traduz-se num aumento de pressão;

- Sendo a pressão na cisterna superior à pressão no reservatório, abre-se a válvula da tubagem de carga de GNL e dá-se inicio à trasfega;

- O reservatório de GNL dispõe de elementos que permitem controlar a pressão no seu interior – A trasfega pode ser feita através de aberturas inferiores ou superiores (chuveiros) – ver figura 1.50.

- A utilização dos chuveiros permite baixar a pressão no interior do reservatório, promovendo a condensação de fase gasosa, por um processo análogo ao que ocorre nos recondensadores dos terminais;

- Em conclusão o controlo da pressão no interior da cisterna e no reservatório permite criar uma diferença de pressão que promove a transferência de GNL do primeiro para o segundo sem recurso a sistemas de bombagem.

A descrição anterior permite concluir o motivo pelo qual o projecto de uma cisterna de GNL contempla uma pressão de serviço superior ao reservatório da Planta Satélite.

2.5.7 Segurança

Alguns dos aspectos de segurança das Plantas Satélite foram sendo abordados ao longo deste subcapitulo:

- Os derrames de GNL devem poder ser contidos na bacia de retenção;

- A dispersão de nuvens de GN e vapores de GNL são levados em linha de conta pela colocação de ventes a uma altura mínima de 5 metros;

- A operação da planta deve ser monitorizada e controlada localmente através do autómato (localizado no armário de controlo) que comanda um sistema de válvulas de corte accionadas pneumaticamente;

Outros aspectos ainda não referidos prendem-se com a prevenção de incêndios e contemplam, para além de medidas relacionadas com as características dos equipamentos eléctricos, a presença de material para combate a incêndios

(extintores de pó químico e detectores). Para além disso, a área de implantação de uma Planta Satélite deve estar isenta de qualquer material combustível.

No que respeita às distâncias de segurança a guardar, estas estão determinadas na Portaria 568/2000 de 7 de Agosto e são função da capacidade de armazenagem da planta.

2.6 Redes de Transporte e Distribuição

Neste subcapitulo iremos ocupar-nos da caracterização das redes de transporte e distribuição de GN. A abordagem deste tema será mais breve do que a que efectuamos em subcapitulos anteriores. A razão prende-se com a experiência e o conhecimento que existe sobre este tipo de infra-estruturas e também na constatação de que as suas características são idênticas independentemente do tipo de projecto onde se integram.

As redes de transporte estão enquadradas pela Portaria 390/94 de 17 de Junho e as redes de distribuição pela Portaria 386/94 de 16 de Junho. Os postos de regulação que determinam a interface entre os tipos de rede mencionadas estão enquadradas pela Portaria 376/94 de 14 de Junho.

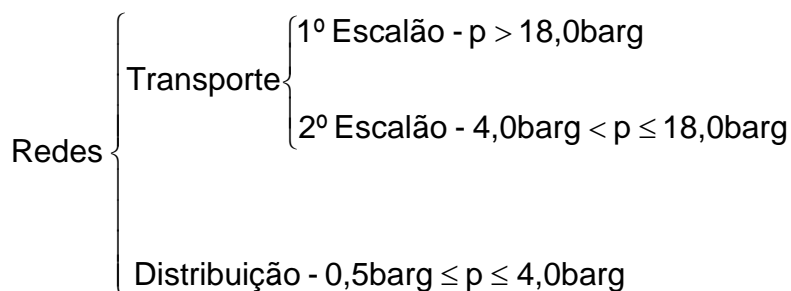
O aspecto fundamental que distingue o tipo de redes é a sua pressão de operação:

- Rede primária ou de transporte opera a alta pressão: acima dos 4,0barg;
- Rede secundária ou de distribuição opera a média pressão: entre os 0,5barg e os 4,0barg.

Na rede primária distinguem-se os gasodutos de 1º e 2º escalão:

- Rede de transporte de 1º escalão para pressões superiores a 18barg;
- Rede de transporte de 2º escalão para pressões compreendidas entre os 4,0barg e os 18barg.

O esquema seguinte sintetiza o que até aqui foi referido:

$$\text{Redes}\begin{cases}\text{Transporte}\begin{cases}1^{\circ}\ \text{Escalão - } p > 18{,}0\text{barg}\\[2ex] 2^{\circ}\ \text{Escalão - } 4{,}0\text{barg} < p \le 18{,}0\text{barg}\end{cases}\\[6ex] \text{Distribuição - } 0{,}5\text{barg} \le p \le 4{,}0\text{barg}\end{cases}$$

2.6.1 Rede de Transporte de 1º Escalão

A rede de transporte de 1º escalão é responsável pela grande maioria do aprovisionamento de GN na Europa. A sua função é a de transportar grandes quantidades de GN desde os campos de produção ou terminais de regaseificação até às imediações das povoações ou grandes consumidores industriais. Em muitos casos o GN produzido a partir de uma jazida particular tem de atravessar uma grande extensão de terreno antes de ser disponibilizado ao seu consumidor final.

A pressão a que opera um gasoducto de 1º escalão permite disponibilizar grandes quantidades de GN, obtendo-se taxas de compressão volumétrica superiores a 1:600.

Fig. 2.80 – Vista aérea da construção de um gasoducto (rede primária de 1º escalão) – Lote 3

A tubagem para os gasoductos de 1º escalão tem um diâmetro compreendido entre as 16 e as 48 polegadas, sendo habitualmente constituída por tubos de 12 metros unidos entre si por soldadura topo-a-topo. Os tubos de maior diâmetro (superiores a 20 polegadas) são de aço com costura, obtidos a partir de chapa de aço. Os tubos de menor diâmetro são de aço sem costura obtidos a partir de barras de aço. Em ambos os casos os tubos são fornecidos com revestimento anti-corrosivo adequado às aplicações a que são sujeitos.

Para além da tubagem os gasoductos de 1º escalão incluem as estações de compressão, medição, controlo e redução.

As estações de compressão têm o propósito de elevar a pressão na rede de transporte. Em muitos casos os gasoductos são inicialmente dimensionados para determinados caudais, sendo intercaladas estações de compressão sempre que os consumos reais excedam as expectativas iniciais de projecto. Os compressores destas estações podem utilizar parte do GN transportado como propulsão dos motores ou em alternativa serem actuados electricamente. Para além dos compressores estas estações dispõem de módulos de filtragem e separação de condensados, para além de dispositivos de medição e transmissão de dados.

As estações de medição e controlo são colocadas ao longo do gasoducto (aproximadamente por cada 30 km) permitindo monitorizar em tempo real o tráfego do GN. O controlo e monitorização da rede de transporte é garantida através de um sistema de telecomunicações denominado SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). A monitorização da rede a partir do centro de despacho permite o accionamento de medidas de reacção rápida perante avarias dos equipamentos, fugas ou qualquer outra actividade anormal à rede de transporte. Os sistemas SCADA podem permitir também o accionamento à distância de válvulas e outros dispositivos de seccionamento.

Nas interfaces entre as redes de transporte de 1º escalão e 2º escalão bem como nos ramais de consumidores abastecidos a alta pressão existem as estações de redução e medida. Estas contam as entregas de GN e reduzem a pressão para os valores da rede de transporte de 2º escalão ou para uma pressão próxima da necessitada pelo consumidor final (superior aos 18 barg). Estas estações são compostas essencialmente por um módulo de redução, aquecimento do GN e contagem. O aquecimento do GN é necessário uma vez que a sua expansão é acompanhada de arrefecimento, tanto mais acentuado quanto maior for a depressão. Este aquecimento é conseguido à custa do dispêndio de algum do GN transportado.

De seguida vamos abordar algumas das fases de um projecto para a implantação de uma rede de transporte. Este é composto pelas fases de engenharia, construção e comissionamento.

2.6.1.1 Engenharia

A construção de um gasoducto de 1º escalão é precedida pelo trabalho de engenharia na qual se define o traçado e todas as características da rede. Este trabalho é um processo de optimização na qual é necessário entrar com um elevado número de factores e cujo objecto é a minimização de custos.

Os aspectos definidos á prior e que de alguma forma se poderão considerar os constrangimentos do projecto são:

- Os pontos possíveis de entrega de GN;
- Os caudais de cada ponto de entrega;
- A perda de carga máxima admissível.

Com base nestes dados podem-se admitir traçados, tendo cada um deles associado um custo.

Se o custo por metro linear de construção fosse constante, independentemente das características do terreno, poder-se-ia concluir que o traçado a implementar seria o de menor distância a percorrer; o que significaria unir topograficamente os pontos de entrega por segmentos de recta. Na prática sabemos que isto não acontece.

Os custos de construção não são constantes e, dependem de diversos aspectos: o relevo do terreno, o tipo de solos, os pontos e atravessamentos especiais que venham existir e a intensidade dos trabalhos. Por exemplo:

- O custo de construção por metro linear é superior no caso de relevos acidentados do que em áreas vastas de planície;
- A construção em terrenos rochosos com eventuais necessidades de recurso a explosivos para abrir valas acarreta custos acrescidos;
- O atravessamento de linhas de água, estradas nacionais e auto-estradas, caminhos de ferro e outros, obriga a pontos especiais com elevados custos;
- O aumento do número de operários, frentes de trabalho, e maior intensidade (horas de trabalho) com o intuito de reduzir tempos de construção significa custos acrescidos.

O custo de construção por metro linear, mediante os relevos e tipos de terreno, deve ser sistematizado. Da mesma forma às travessias e pontos especiais devem ser estabelecidas cotações. Desta forma um projectista quando selecciona um traçado poderá estimar o custo da obra e tempo de execução.

Os custos de aprovisionamento de material são naturalmente função do traçado. O diâmetro dos tubos é obtido em função dos caudais, comprimento dos troços e perdas de pressão admissíveis. Os custos com as estações dependem também das extensões dos traçados, assim como regulamentação específica.

Para além dos aspectos relacionados com os custos objectivos da construção surgem custos adicionais, que podem ter um carácter mais ou menos subjectivo, complicando a tarefa do projectista. Estes custos estão relacionadas com as compensações devidas aos proprietários dos terrenos que o gasoducto atravessa. Estas compensações reportam às servidões a pagar pela utilização do terreno e eventuais danos ocasionados na construção, geralmente vedações e muros.

Para além dos custos referidos, há que contabilizar os directamente relacionados com a duração da obra, nomeadamente com pessoal de engenharia, supervisão e inspecção.

Outro factor relacionado com a duração da obra e que influi no seu custo tem a ver com o negócio de venda do gás propriamente dito. Em muitos casos a viabilidade de um projecto prende-se com contractos celebrados à prior. Estes contratos incluem quase sempre uma expectativa relativamente à entrega do GN para consumo podendo estarem previstas penalidades em caso de incumprimento. Outra perspectiva, é a de o projecto partir de projecções e estudos de mercado, que determinem expectativas realizáveis a partir do momento em que o GN seja disponibilizado.

A fase de engenharia considera-se terminada com a definição do projecto em todas as suas vertentes: técnicas e contratuais.

2.6.1.2 Construção da Rede de Transporte de 1º Escalão

A construção de um gasoducto de 1º escalão envolve diversas fases.

O início da obra é estabelecido aquando da colocação de estaleiro e recepção de materiais. As redes primárias de 1º e 2º escalão são em aço carbono. Tubos e restantes acessórios devem ser de uma classe de pressão compatível com as exigências do projecto.

Os trabalhos na construção de rede primária de 1º escalão são compostos por obra de linha, construção de estações, pré-fabricos e actividades de estaleiro. As obras de linha compreendem:

- Abertura de pista;
- Abertura de vala;
- Alinhamento de tubos;
- Trabalhos de soldadura;
- Ensaios não destrutivos às soldaduras (radiografia, líquidos penetrantes e ultrassons);
- Revestimento das juntas soldadas;
- Realização de ensaios e rigidez dieléctrica;
- Colocação em vala;
- Instalação de sistemas de protecção catódica;
- Reposição do terreno (tapamento e compactação);

- Marcação.

A construção de estações é uma operação de assemblagem já que estas são adquiridas pré-fabricadas mediante as características definidas previamente pela engenharia. As estações permitem, conforme a sua função, o controlo e medição dos caudais de GN, o seccionamento de troços, a redução de pressão caso estejam colocadas num ponto de entrega de GN, o lançamento e recolha de 'pigs', a compressão de GN e a transmissão de dados para o centro de despacho.

Fig. 2.81 – Alinhamento de tubagem – obra em linha – Lote 3

Fig. 2.82 – Estação – Rede primária de 1º escalão - Gasoducto Braga-Tuy

A entrada em serviço de um gasoducto é precedida de um protocolo de testes dos quais se realçam as provas hidráulicas às linhas. A prova hidráulica atesta a segurança do gasoducto e é indispensável ao licenciamento da rede por parte da autoridade competente.

2.6.2 Rede de Transporte de 2º Escalão

A rede primária de 2º escalão encontra grandes semelhanças em termos de engenharia e construção com a rede de 1º escalão. Os diâmetros da tubagem adoptados nas redes primárias de 2º escalão são substancialmente inferiores aos da rede de 1º escalão, variando tipicamente entre 6 e 16 polegadas. Por esta razão a obra tem bastante menos aparato e movimenta menos pessoal. Não obstante, quase todos os aspectos que se referiram para a construção e engenharia de uma rede de transporte de 1º escalão aplicam-se igualmente a este tipo de rede.

As redes de transporte de 1º escalão não atravessam povoações. No que respeita à rede de transporte de 2º escalão os traçados podem ser urbanos ou não. Os trajectos urbanos apresentam dificuldades de construção acrescidas; dificuldades essas relacionadas com o cumprimento das distâncias de segurança a respeitar nos cruzamentos da rede de GN com outras infra-estruturas (redes de água, esgotos, electricidade, telefones, etc).

Por outro lado, atendendo a que em zonas urbanas a construção se processa na via pública, deixam de existir os problemas relacionados com as negociações com os proprietários dos terrenos atravessados pelas redes.

As redes primárias de 2º escalão abastecem as redes de distribuição das povoações ou as unidades industriais cujos consumos viabilizem a construção de uma rede dedicada. Uma rede de transporte de 2º escalão pode ser concebida de forma a ser partilhada por consumidores industriais (abastecidos em alta pressão) e utentes da rede de distribuição.

A rede primária de 2º escalão termina em estações de redução e contagem nas interfaces com redes de distribuição e clientes dedicados.

Fig. 2.83 – Soldadura topo-a-topo (rede primaria escalão) – Ramal de Vale de Cambra

Fig. 2.84 – Troço urbano de rede primária de 2º escalão (Ramal de Vale de Cambra)

2.6.3 Rede de Distribuição

A rede de distribuição opera a média pressão, entre os 0,5barg e os 4,0barg. Estes valores de pressão permitem o emprego de tubos de outros materiais que não o aço carbono, nomeadamente o polietileno. O custo e as vantagens técnicas associadas fazem com que a construção da rede de distribuição nova para GN seja, quase toda, de polietileno.

2.6.3.1 Projecto da Rede de Distribuição

Os traçados são quase sempre em zonas urbanas, com todos os constrangimentos que isso implica.

As redes urbanas podem ser em antena ou em malha. As redes em malha permitem a utilização de tubos de menor diâmetro em virtude de terem uma menor perda de carga associada. Contudo, as redes em malha apresentam uma grande desvantagem, que se torna tanto mais evidente quanto mais complexa for a rede, sendo que, nem sempre é possível identificar o sentido do fluxo do GN nos tubos. Por esta razão considera-se como regra de boa prática projectarem-se redes de distribuição em antena.

O projecto de uma rede de distribuição faz-se a partir da estação de regulação que determina a interface rede de transporte/rede de distribuição, onde está estabelecido um ponto fixo de pressão (4,0barg). A partir deste ponto, as perdas de carga admissíveis estão relacionadas com a própria definição da rede de distribuição, permitindo-se uma perda de pressão de 3,5bar.

A avaliação dos caudais a atribuir aos troços de rede de distribuição faz-se, tratando-se de zona urbanizada, a partir do levantamento das edificações no que respeita às potências dos aparelhos de queima instalados ou, no caso de futuras urbanizações, a partir dos projectos existentes ou das potencialidades evidenciadas nos Planos Directores Municipais. O caudal de cada troço obtêm-se do somatório dos consumos individuais afectados de 'factores de simultaneidade'.

O conhecimento dos caudais, perdas de carga admissíveis e traçados permite determinar os diâmetros da rede. Geralmente as ruas que determinam as extremidades das redes em antena têm troços a PE∅63. As redes que, por sua vez, abastecem esses troços são em PE∅90 ou PE∅110. As grandes avenidas das cidades têm redes em PE∅160, PE∅200 e superiores.

Existem redes de distribuição com caudais muito elevados em determinados troços, o que pode acarretar diâmetros superiores a 12 polegadas. Para estes diâmetros é habitual que a rede seja construída em aço.

2.6.3.2 Construção da Rede de Distribuição

Os trabalhos de construção de rede de distribuição em polietileno pressupõem:

- Abertura de vala;
- Alinhamento de tubos;
- Trabalhos de soldadura;
- Ensaios não destrutivos às soldaduras (radiografia);
- Colocação em vala;
- Reposição do terreno (tapamento e compactação);
- Marcação.

A soldadura é efectuada com elementos electro-soldáveis ou soldadura topo-a topo (ver figura 1.85).

Os trabalhos de construção de uma rede de distribuição em aço carbono são idênticos aos que se realizam na linha das redes primárias.

A entrada em serviço de uma rede de distribuição é precedida de ensaios de estanquicidade a uma pressão de 0,5barg e de resistência mecânica à pressão de 6,0barg.

Fig. 2.85 – Soldadura topo-a-topo em tubos de polietileno
- Rede de distribuição do Carregado

2.7 Aplicações

O mercado do GN costuma dividir-se em 3 grandes sectores: doméstico, comercial e de serviços e industrial.

O mercado doméstico inclui o GN utilizado na cozinha, aquecimento e produção de águas quentes. O mercado comercial e de serviços compreende o GN utilizado, para vários fins, em estabelecimentos públicos, hotéis, restaurantes, escolas, etc. O mercado industrial é muito extenso e abrange desde o seu uso em pequenos maçaricos de oficinas de joalheiros, até grandes siderurgias, industria química e centrais termoeléctricas. Tecnicamente, o uso do GN poderá justificar-se em, praticamente, todos os domínios da industria.

Contudo, o GN é um combustível de reservas limitadas, não devendo ser por isso usado indiscriminadamente. Por essa razão procura-se utilizá-lo, preferencialmente, nas aplicações específicas para as quais apresenta vantagens de ordem técnica e económica, em relação aos outros combustíveis.

Em termos gerais, as aplicações especificas para as quais o gás (GN ou GPL) é o mais apropriado ou vocacionado, circunscrevem-se ao conjunto das utilizações domesticas, comerciais e de serviços e aos usos industriais em que se utiliza o contacto directo da chama com o produto a fabricar.

Nos últimos anos dá-se o aparecimento das Centrais Termoeléctricas a Gás de Ciclo Combinado, de baixo custo e elevado rendimento térmico, o qual resulta de ter associada à turbina a gás uma turbina a vapor que utiliza os gases de escape da primeira. A isto poderá juntar-se os problemas ambientais e as vantagens do GN nesta utilização. Neste contexto, podemos assinalar que, em 1991, foi revogada, pela Comunidade Europeia, a interdição de queimar GN nas centrais termoeléctricas, em vigor desde 1975, após o primeiro 'choque petrolífero'.

As aplicações do GN incluem utilizações como matéria prima, como por exemplo no 'reforming' do metano para obtenção de hidrogénio. Outra das potencialidades do GNL é o aproveitamento do frio aquando do processo de regaseificação.

De seguida iremos abordar de forma sumária as aplicações do GN nos sectores doméstico, comercial e serviços (ou terciário) e industrial. Dentro do sector industrial iremos dar algum ênfase ao mercado eléctrico dada a sua importância para a viabilização de projectos de implementação de GN em zonas de consumos moderados.

2.7.1 Utilizações do GN nos sectores doméstico, comercial e de serviços

As utilizações do GN no sector doméstico estão associadas ao aparelhos típicos de cozinha, à produção de água quente e ao aquecimento ambiente. O Quadro 2.6 resume os principais aparelhos gasodomesticos e as suas potências standard.

As utilizações do GN no sector comercial e de serviços estão associadas às actividades de:

a) Restauração
   - Fogões industriais e mono-lumes;
   - Fornos convectores mistos;
   - Fritadeiras tradicionais e fritadeiras de queimadores radiantes;
   - Grelhadores de pedra lávica e grelhadores radiantes;
   - Máquinas de lavar a loiça;
   - Marmitas;
   - Fry-Tops;

- Banhos-Maria;
- Sauteuses;
- Máquinas de café expresso.

b) Hospitais

- Produção de vapor (geradores de vapor);
- Produção de água quente (caldeiras de chão);
- Climatização (bombas de calor);
- Grupos electrogéneos a gás;
- Cogeração (motores alternativos a gás).

c) Edifícios administrativos e hotéis

- Climatização (bombas de calor);
- Aquecimento radiante de grandes espaços.

Equipamento	Potência nominal [kW]
Fogão com forno	10,5
Placa de encastrar	6
Esquentador de 10 ou 11 litros	23
Esquentador de 13 ou 14 litros	29
Caldeira Mural de 20.000kcal/h	29
Caldeira Mural de 24.000 kcal/h	35
Forno independente	6
Lareira a gás	9
Termoconvector a gás	4
Secador de roupa a gás	5

Quadro 2.6 – Principais aparelhos gasodomesticos

Fig. 2.86 – Aparelhos de cozinha industrial

2.7.2 Utilizações do GN na indústria

2.7.2.1 Aplicações especificas do gás na industria

É costume indicar como 'aplicações especificas para o gás (GN ou GPL) na indústria os usos em que o gás é insubstituível e deve ter prioridade sob os restantes combustíveis. São casos de aplicações específicas as seguintes:

a) Utilizações em que os gases da combustão entram em contacto directo com os produtos fabricados:

- Aquecimento directo do ar: ventilação e aquecimento de edifícios industriais, terrefacção de produtos alimentares (café, cacau, amêndoa,...), fabrico de pão e pastelaria, fornos de fogões industriais, fornos industriais de chama directa.
- Decoração de vidro e porcelana.
- Operações de secagem: produtos agrícolas e alimentares, produtos farmacêuticos, tintas, papel e cartão.
- Esmaltagem a fogo directo.
- Aquecimento de líquidos e fusão de ligas leves por meio de combustão em tubos submersos. Combustão submersa directa: aquecimento de líquidos, fusão e concentração de produtos químicos.

b) Produção de atmosferas controladas.

c) Utilizações exigindo um controlo preciso da temperatura ou variações consideráveis de caudal.

- Polimento e moldagem de vidro.
- Soldadura automática.
- Oxicorte.
- Secagem por infravermelhos.
- Operações térmicas tais como:
  - Aquecimento directo, com chama, de moldes de fundição.
  - Esterilização, com chama, de latas de conservas.
  - Aquecimento rápido de peças por meio de queimadores de convecção.
  - Tempera superficial por aquecimento directo das peças, com maçarico ou queimador especial.
  - Chamuscagem de tecido ou fios.
  - Oxicorte, maçaricos de ourives.

2.7.2.2 Outras aplicações industriais

Referimos de um modo geral as aplicações específicas em que a utilização de combustíveis gasosos é considerada prioritária e vantajosa. Contudo a sua utilização estende-se a muitas outras aplicações industriais em domínios diversos:

a) Geradores de vapor:

- industria química, do papel e alimentar.
- Centrais termoeléctricas.

Apenas o GN aparece em posição favorável face ao fuelóleo ou coque, nomeadamente para grandes unidades.

Fig. 2.87 – Gerador de Vapor a GN (convertido de fuelóleo)

b) Siderurgia e metalurgia dos metais ferrosos:

- Altos fornos e fornos de cuba.
- Fornos de aço MARTIN SIEMENS e fornos eléctricos.
- Fornos de aquecimento de peças (aquecimento de lingotes, laminagens, fornos para forjamento, de soleira móvel, de soleira rotativa, etc.)
- Fornos de tratamentos térmicos.
- Atmosferas controladas (gases de protecção: atmosferas neutras, atmosferas ricas em azoto e atmosferas desoxiantes e carburantes – cementação gasosa e carbonitruração).
- Técnicas especiais (processos de aquecimento rápido, tratamento térmico localizado, aquecimento por radiação a alta temperatura).
- Oxicorte.

Para as duas primeiras aplicações referidas o GN substitui parcialmente o coque ou o fuelóleo, com vantagens técnicas e económicas. Nas restantes podem-se aplicar tanto o GN como o GPL.

c) Metalurgia dos metais não ferrosos.

- Fornos de fusão basculantes.
- Fornos de reverbero (por exemplo para galvanização).
- Fornos de cadinho para aluminio, cobre, ligas leves, etc.
- Recozimento de chapas, barras, tubos, fios, etc. de cobre, latão, ou ligas de alumínio.

d) Cal e Cimento.

Nos Estados Unidos da América, uma percentagem significativa dos fornos de cimento utilizam gás natural e mesmo na Europa essa utilização pode ser encontrada.

e) Vidro

- Fornos de fusão de vidro: fornos de tanque e fornos de pote.
- Operações anexas à fusão: aquecimento de ‘feeders’, aquecimento de arcas de recozimento, aquecimento de arcas de decoração ou pintura, aquecimento de peças, rebordagem de peças.
- Fabrico de vidro técnico (vidro de laboratório, produtos farmacêuticos, vidro óptico, fibras de vidro, etc.).

Nas aplicações do gás a fornos de fusão de vidro interessa referir que, nos fornos de tanque, é necessário uma chama de alta temperatura, volumosa, suave, luminosa e fácil de regular. Este tipo de chama é característica da queima de fuelóleo, no entanto mediante determinados artifícios, consegue-se que a chama de gás satisfaça estes requisitos.

f) Cerâmica

A indústria cerâmica é uma das actividades em que a qualidade do combustível é fundamental, tendo influência não só no custo dos produtos fabricados como também na sua qualidade. O gás pode intervir em todas as operações de secagem e cozimento dos diversos ramos da indústria cerâmica: materiais de construção (barro vermelho), grés, faianças e porcelanas.

- Fornos de fogo móvel (Hoffmann).
- Fornos de túnel.
- Fornos contínuos (tipo túnel ou passagem).
- Fornos intermitentes (tipo câmara e campânula).

g) Indústria Química

O gás, nomeadamente o GN, aparece em dois domínios: como fonte de energia e como matéria prima.

- Combustível para produção de vapor e aquecimento de unidades de ‘cracking’ e ‘reforming’.
- Matéria prima para produção de hidrogénio, amoníaco, matanol, acetileno, etc.

h) Agricultura e alimentação

- Aquecimento de estufas.
- Secagem de alimentos em pó (leite, café, etc.).
- Secagem de produtos agrícolas.
- Secagem de forragens.
- Torrefacção de produtos (café, amêndoa, etc).
- Cozimento de biscoitos e pastelaria industrial.
- Esterilização e estanhagem de latas de conservas.
- Alimentação de grandes caldeiras utilizadas na industria alimentar.

i) Industria Têxtil

A indústria têxtil é grande consumidora de vapor de água e águas quentes podendo o gás ser utilizado para estes fins. Contudo há operações específicas em que se utiliza a combustão directa do gás:

- Gasedeiras (queima da penugem de fios).
- Ramulas (secagem de tecidos).

j) Madeira e papel

- Produção de vapor (centrais de vapor, caldeiras de licor negro e geradores de gases secos).
- Alimentação de painéis de infravermelhos.

k) Utilizações diversas

- Aquecimento ambiente.
- Estufas de secagem de pintura.
- Aquecimento de líquidos por tubos submersos ou combustão submersa.

2.7.2.3 Produção de Electricidade

A produção de electricidade representa uma das aplicações de GN mais interessantes e cujo desenvolvimento foi mais evidente nas ultimas décadas. O seu campo de aplicação vai desde as pequenas unidades de cogeração até às grandes centrais termoeléctricas de ciclo combinado.

a) Cogeração

A cogeração a GN pode ser utilizada para potências desde os 500kW até aos 8.000 kW utilizando motores alternativos a gás, geralmente de ciclo Otto. O rendimento destes motores é de aproximadamente 40%, podendo o rendimento total da instalação chegar próximo dos 90%, para os sistemas mais recentes. O aproveitamento térmico dos gases de escape (com temperaturas próximas dos 500ºC), e da água de refrigeração do bloco (que pode atingir 120ºC) permite:

- produção de água quente e vapor;
- recuperação directa dos gases de escape para processos de secagem;
- produção de água fria para climatização, através da utilização de um chiller de absorção.

Para produções superiores, a partir dos 5.000kW, utiliza-se a cogeração com turbina a gás. A turbina a gás é composta pelo compressor de ar que alimenta a câmara de combustão de onde os gases quentes são fornecidos à turbina de expansão. As duas máquinas rotativas estão, em geral, montadas num eixo comum acoplado ao gerador eléctrico. O aproveitamento térmico de gases de escape permite o mesmo tipo de aplicações das referidas para os motores de alternativos a GN.

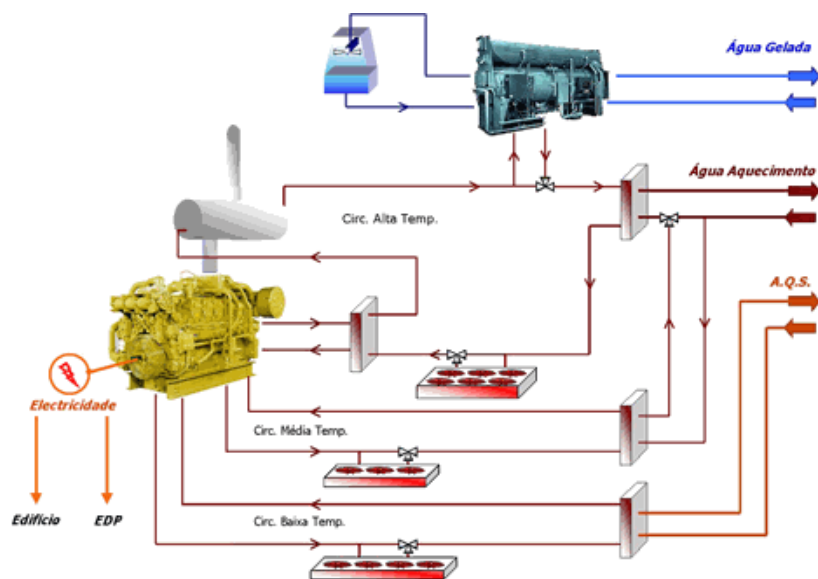



Fig. 2.88 – Central de Cogeração – Sede da Transgás – Bucelas

Fig. 2.89 – Motor a GN para Cogeração

b) Centrais termoeléctricas

Turbina a vapor

- utilização de GN como combustível para geração de vapor a alta pressão;
- utilização de GN com carvão pulverizado, como combustível para geração de vapor, permitindo melhorias substanciais dos rendimentos das centrais;

c) Centrais termoeléctricas de ciclo combinado

As centrais termoeléctricas de ciclo combinado utilizam grupos com turbina a gás e aproveitamento dos gases de escape para geração de vapor (HRSG – 'Heat Recovery Steam Genetrator') para uma turbina a vapor. Os rendimentos das centrais de ciclo combinado são de aproximadamente 60%. As principais vantagens destas centrais face às convencionais são:

- vantagens ambientais;
- rendimentos superiores;
- facilidade no aprovisionamento do combustível;
- menor dimensão da central.

O GN para uma central de ciclo combinado deve ser fornecido a uma pressão na ordem dos 35,0barg, isto é, o abastecimento terá que ser a partir de uma rede primária de 1º escalão.

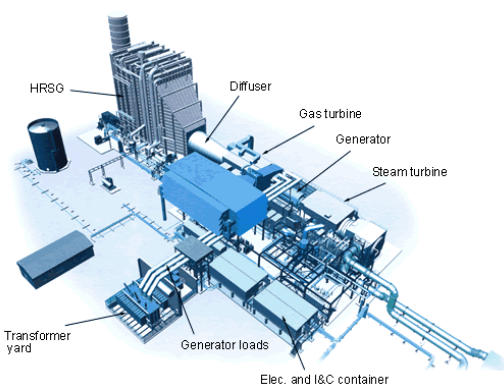



Fig. 2.90 – Grupo de ciclo combinado a GN - Siemens

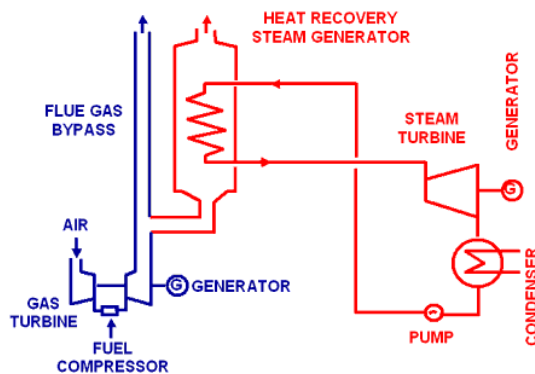
HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR
FLUE GAS BYPASS
STEAM TURBINE
GENERATOR
AIR
GAS TURBINE
GENERATOR
CONDENSER
PUMP
FUEL
COMPRESSOR

2.91 – Esquema do Ciclo Combinado

Fig. 2.92 – Turbina a gás

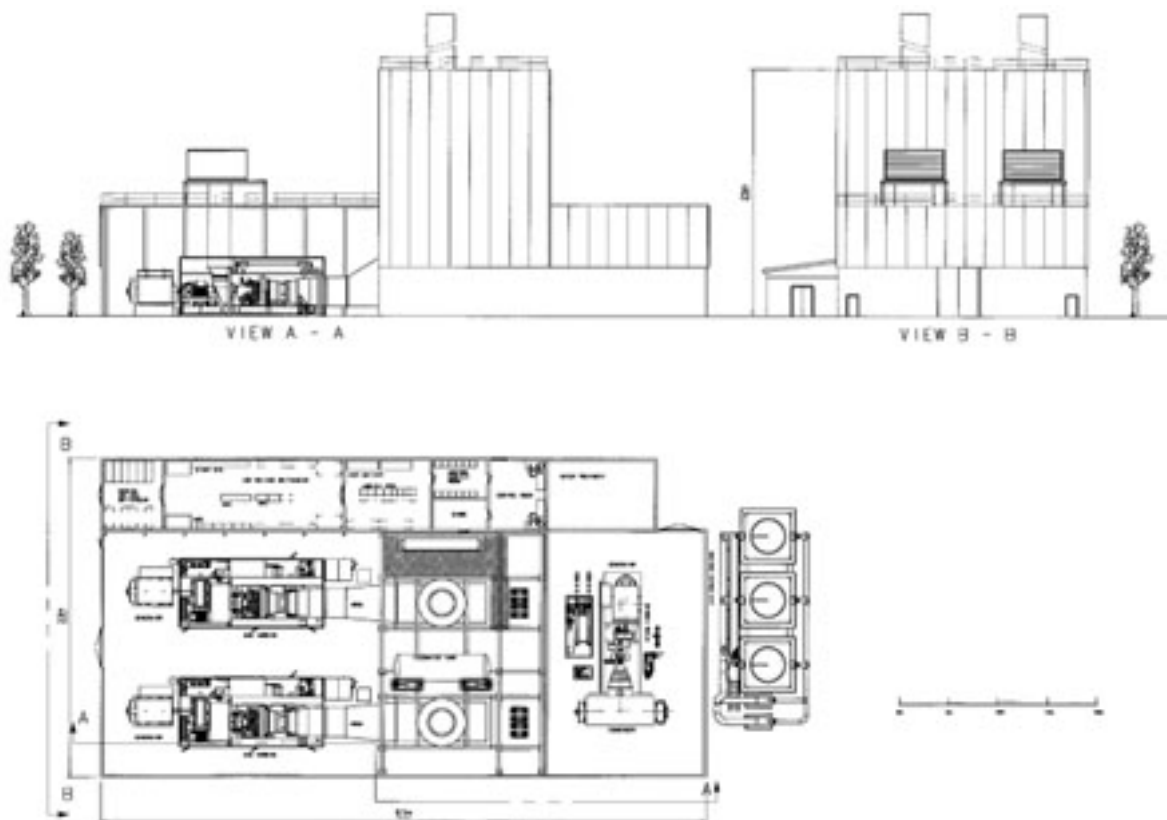



Fig. 2.93 – Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN (125MW) – General Electric

2.7.2.4 Vantagens da utilização do GN

As principais vantagens da utilização do gás na indústria são as seguintes:

- Disponibilidade instantânea sem necessidade de manuseamento, bombagem, aquecimento ou pulverização, como ocorre com outros combustíveis.
- O seu caudal é facilmente regulável, em grande número de aplicações, pela simples actuação de uma válvula.
- A regulação automática é simples e precisa sendo fácil manter uma temperatura constante ou obter uma determinada lei de aquecimento, seguindo um programa pré-estabelecido.
- O aquecimento pode aplicar-se exactamente onde e quando for requerido.
- Em muitas aplicações, o rendimento da combustão é superior ao de outros combustíveis, por permitir uma regulação perfeita e constante do excesso de ar, que pode reduzir-se ao mínimo.
- A manutenção dos equipamentos e queimadores de gás é simples.
- É praticamente isento de enxofre e a sua combustão é limpa não dando origem a resíduos, fumos negros, cinzas ou escorias. É um combustível ecológico.

- Os gastos de mão de obra para a exploração e manutenção dos fornos reduzem-se ao mínimo.

- A qualidade dos produtos pode melhorar notavelmente devido à ausência de enxofre e resíduos e por não existir o risco de oxidações, por excesso de ar, a altas temperaturas.

- A produtividade dos fornos pode melhorar, em determinados casos, devido à flexibilidade de adaptação do gás a uma redução do ciclo operativo.

- A combustão do gás pode interromper-se instantaneamente, logo que cesse a necessidade de aquecimento dos aparelhos ou fornos utilizadores, o que o torna muito apropriado para cargas variáveis e intermitentes.

2.7.2.5 Custo do combustível

Aparentemente, pareceria que o gás (GN ou GPL) só poderia substituir outros combustíveis sólidos ou líquidos, quando o preço da caloria fosse equivalente. Em geral assim não sucede.

Quando a qualidade do produto a fabricar é primordial ou quando o custo do tratamento térmico representa uma pequena parcela do custo do produto, terá pouca importância o preço da caloria do combustível. É o que se verifica na fabricação de cerâmica fina, vidro, produtos alimentares, etc., já mencionados atrás. Nestes casos deve escolher-se o combustível mais puro e mais cómodo, mesmo que resulte mais caro. Outros processos industriais exigem o uso específico do gás: tratamentos térmicos por chama, oxicorte, fabrico de gases inertes, etc.

Finalmente, pesará na escolha do combustível para os processos industriais, dum modo geral, para além do preço por caloria os seguintes factores:

- O preço do combustível por ‘caloria útil’, isto é, tendo em conta o rendimento da combustão e do forno, estufa ou aparelho.

- A possibilidade de recuperar o calor perdido pela chaminé, pré-aquecendo o gás e o ar.

- A redução da mão de obra de manuseamento e substituição dos refractários.

- A melhor qualidade dos produtos ou a diminuição de refugos ou quebras.

- O aumento da potência e produtividade dos fornos.

- Os gastos de amortização das instalações de armazenagem, preparação e transporte de combustíveis.

Somente depois de um estudo detalhado do conjunto dos factores anteriores, se poderá formular uma decisão sobre a escolha do combustível. Na maioria dos casos, o balanço final é favorável ao gás (nomeadamente quando se trata de GN de preço mais baixo do que o dos restantes combustíveis gasosos usados na industria), mesmo quando o preço da caloria do gás apresenta um valor mais elevado.

2.7.3 Aplicações do GN no sector dos transportes

2.7.3.1 Aplicações de GN ao transporte rodoviário

Outra das aplicações que nos últimos anos tem registado enorme desenvolvimento é a utilização do GN no sector dos transportes.

No que respeita a transporte rodoviário, actualmente, circulam em todo o mundo mais de um milhão de veículos a GN. Estes abrangem os veículos ligeiros e pesados de passageiros (autocarros). A armazenagem de GN no veículos pode ser de duas formas:

a) GNC – Gás Natural Comprimido, armazenado em reservatórios cilíndricos (geralmente colocados na parte posterior dos veículos) a pressões compreendidas entre os 180 e os 240barg.

b) GNL – Gás Natural Liquefeito, armazenado em recipientes sob pressão criogénicos, a uma temperatura próxima dos –160ºC.

No momento, a utilização de veículos a GN está limitada pela inexistência de uma rede de abastecimento adequada. As estações de abastecimento de GNC, que é a versão mais utilizada para armazenar o GN, são de carga lenta ou rápida. Isto é, uma estação de carga rápida abastece um veículo em poucos minutos, enquanto que uma de carga lenta demora algumas horas.

Um conceito interessante diz respeito ao abastecimento por carga lenta. O compressor de um módulo de carga lenta de GNC é abastecido à pressão de 20,0mbarg, ou seja, á pressão de uma rede interior particular. O conceito que referimos parte da constatação que é possível instalar um destes equipamentos numa garagem particular, de uma moradia por exemplo, e que durante a noite o veículo enchia o reservatório de GNC e no dia seguinte utilizava o combustível. Desta forma a factura de combustível do automóvel particular vinha juntamente com a da electricidade (consumo eléctrico do módulo de carga lenta) e com a conta do gás.

Uma das formas presentemente utilizadas para superar a falta de locais de abastecimento são os veículos bi-fuel, que utilizam GN e um outro combustível (gasolina ou gasóleo).

Em Portugal existem algumas frotas de veículos a GNC nomeadamente na GalpEnergia, na empresa de transportes colectivos do Porto e Braga, etc.

Fig. 2.94 – Autocarro a GN – Transportes colectivos de Braga

2.7.3.2 Aplicações de GN ao transporte marítimo

Para além dos desenvolvimentos ao nível dos transportes rodoviários há a salientar o aparecimento, no início da década de oitenta, de navios utilizando o GN como combustível.

Esta tecnologia foi aplicada a 'ferry-boats', barcaças e barcos turísticos.

O GN é armazenado no estado líquido (GNL) em reservatórios criogénicos e o abastecimento é feito por cisternas rodoviárias idênticas às descritas no subcapítulo 2.4.

A propulsão pode ser conseguida a custa de motores de combustão interna a GN ou através de motores eléctricos, abastecidos por geradores utilizando o GN na produção de electricidade. É usual utilizar sistemas bi-fuel ou motores alternativos de reserva, utilizando combustíveis convencionais, quando a propulsão se faz recorrendo a motores de combustão interna.

2.7.4 Distribuição de frio

O aproveitamento do frio do GNL pode ser considerado como um outro tipo de aplicação, na qual o GNL se comporta como um refrigerante (fluído térmico) e não como combustível.

Essas aplicações podem ser diversas e estão, normalmente, circunscritas a indústrias fixadas em áreas contíguas aos Terminais de GNL. Nesta situação o fluído utilizado no processo de regaseificação comporta-se como fluído de transferência. Transferência essa entre os processos de vaporização de GNL e outros onde seja necessário frio.

As linhas criogénicas, operando a temperaturas inferiores a –40ºC, são muito caras devido aos materiais empregues na sua construção. Para além disso as perdas térmicas em distribuição criogénica por conduta podem tornar-se bastante acentuadas em longos percursos. Por estas razões os aproveitamentos do frio do GNL em processos criogénicos não devem prever condutas com extensões superiores à dezena de quilómetros.

As indústrias utilizadoras de frio, eventualmente produzido a partir do GNL, devem estar estabelecidas nas proximidades dos Terminais de GNL. A abordagem dos processos criogénicos de recuperação do frio do GNL foi levada a cabo no susbcapítulo 2.3.3.3 e Anexo B3.

Para além dos processos criogénicos poderiam ser considerados outro tipo de aproveitamentos que, pelas suas características, estariam mais direccionados para usos generalizados. Neste âmbito encontra-se a distribuição de frio para climatização – 'district cooling'.

As aplicações de sucesso conhecidas em 'district cooling' não estão associadas às tecnologias de GN. Veja-se por exemplo o caso da rede de 'district cooling' do distrito de St Paul nos EUA. Existe uma rede de distribuição de água fria para climatização, cujos consumos são contados nos seus diversos utentes. A produção de água fria é feita com consumo eléctrico, em períodos de tarifa baixa (à noite) que por sua vez é armazenada e distribuída. Esta distribuição permite uma economia dos utentes da rede e uma gestão global dos recursos energéticos mais adequada.

As conclusões que se podem retirar destes projectos são: a viabilidade técnica das redes de distribuição de frio em extensões apreciáveis; a viabilidade económica para utentes e operadores. Também se pode constatar, pelo tipo de tecnologia aplicada, que estas aplicações são replicáveis em sistemas de GNL.

Assim, a refrigeração da água ao invés de ser realizada com consumo eléctrico pode ser levada a cabo durante a regaseificação do GNL. Estes sistemas podem ser aplicados não apenas nos Terminais de GNL mas, sobretudo, nas Plantas Satélite onde as necessidades de vaporização são inferiores.

O conceito de dispor de Plantas Satélite que para além de distribuírem GN estariam aptas a distribuir frio, associado ao carácter descentralizado da sua localização, pode fomentar um novo tipo de aplicação que potencie a distribuição de GNL por cisterna, isto é, distribuição de GNL em pequena escala.

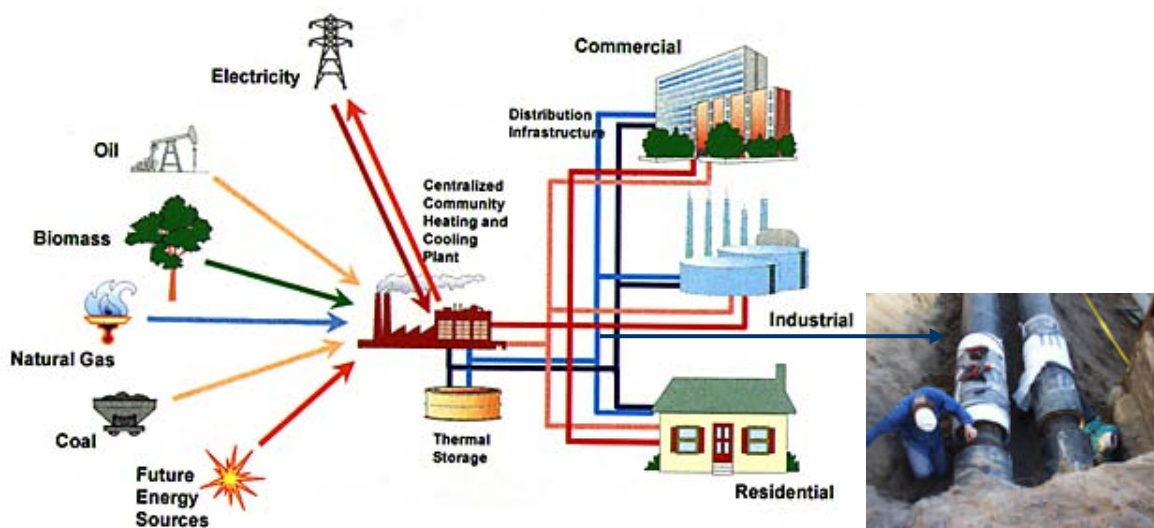



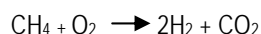
Fig. 2.95 – Esquema da rede energética do Distrito de St. Paul (EUA) – Rede de 'district cooling'

A tecnologia utilizada nas condutas da rede de 'district cooling' é relativamente simples. Os tubos são em aço carbono, soldados topo-a-topo e com isolamento térmico em poliuretano.

No Anexo C2 apresenta-se análise quantitativa deste tipo de aplicação num sistema de GNL.

2.7.5 Produção de Hidrogénio

O método actualmente mais utilizado na produção de hidrogénio é o 'reforming' do metano, através da seguinte reacção química:

$$CH_4 + O_2 \rightarrow 2H_2 + CO_2$$

Desta forma o GN pode estar associado, de uma forma indirecta, às aplicações do hidrogénio. Este pode ser utilizado:

- como combustível – fonte de calor;
- em pilhas de combustível – produção de electricidade.

Os sistemas a hidrogénio são uma tecnologia recente, com um domínio potencial de aplicação bastante vasto. Actualmente, a participação do hidrogénio nos sistemas energéticos está bastante limitada pelo elevado custo da tecnologia associada. Contudo, a tendência será a que, no médio prazo, o hidrogénio venha a desempenhar um papel fundamental. O imperativo de optar por sistemas energéticos capazes de promover um efectivo controlo nas emissões de CO_2, associado ao desenvolvimento de técnicas para 'CO_2 sequestration', potenciam o desenvolvimento do conceito de 'sociedade a hidrogénio'. Neste ordenamento, é previsível que o GN venha a ser a principal matéria prima para a produção de hidrogénio.

3 Caracterização da Região Autónoma da Madeira

Uma eventual implementação de um projecto de GN, no caso concreto de regiões insulares, depende da caracterização criteriosa de vários aspectos. São eles:

- O sector energético no qual deverá ser dado ênfase ao mercado eléctrico, aos consumos de combustíveis passíveis de converter para GN e novas aplicações potenciadas pelo advento do GN.
- A distribuição demográfica, localizando os grandes centros urbanos, por forma a estimar consumos domésticos e terciários.
- Localização de potenciais grandes consumidores (industria).
- Dados geográficos (relevo, cursos de água, etc) que permitam aferir da viabilidade de construção de redes de GN, assim como tempos de execução, custos, etc.
- Rede rodoviária e ferroviária.
- Condições climatéricas (em terra e no mar).
- Caracterização da costa.
- Condições geológicas.

A partir destes dados é possível projectar cenários de penetração para o GN, estimando a evolução dos consumos ao longo do tempo e, com base nestes, determinar o tipo de infra-estruturas necessárias e custos a suportar.

A analise dos diferentes cenários no que respeita às vertentes técnica, económica e ambiental permitem obter condições por forma a concluir da viabilidade do projecto.

Para este trabalho vamos debruçar-nos sobre a Região Autónoma da Madeira (RAM) para assim aferir sobre o interesse de um projecto de implementação de GN.

Ao longo deste capitulo iremos caracterizar sumariamente os aspectos mencionados por forma a que, no final, possamos estimar a evolução dos consumos de GN na RAM nos primeiros 20 anos do projecto. Estes consumos têm como pressupostos alguns cenários que mais adiante abordaremos.

3.1 Caracterização Física

3.1.1 Situação Geográfica

O Arquipélago da Madeira, composto por duas ilhas habitadas, a Madeira e o Porto Santo, e por dois grupos de ilhotas sem população permanente, as Desertas e as Selvagens, situa-se no Atlântico Norte, entre os paralelos de 30º 01' e 33º 08' de latitude e entre os meridianos de 15º 51' e 17º 16' de longitude Oeste de Greenwich.

A Madeira dista cerca de 160 milhas do grupo das Selvagens (a sul-sueste da Madeira) e aproximadamente 28 milhas do Porto Santo (a nordeste da Madeira). O grupo das Desertas está situado a cerca de 12 milhas a sueste da Madeira. A Madeira dista cerca de 500 milhas de Portugal Continental e, também, da ilha de Santa Maria, no Arquipélago dos Açores.

Fig. 3.1 – Mapa do Arquipélago da Madeira

3.1.2 Superfície Territorial e Relevo

A área terrestre, total, do Arquipélago é de 796,77 km^2, de acordo com o Instituto Geográfico e Cadastral (Missão da Madeira), representando cerca de 0,9% do território de Portugal Continental, repartida por:

- Madeira: 736,75 km^2;
- Porto Santo: 42,17 km^2;
- Desertas: 14,23 km^2;
- Selvagens: 3,62 km^2.

Administrativamente, a Região Autónoma da Madeira encontra-se dividida em 11 concelhos, sendo 10 na ilha da Madeira (Calheta, Ponta do Sol, Ribeira Brava, Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz, Machico, Santana, São Vicente, Porto Moniz) e o concelho do Porto Santo na ilha com o mesmo nome.

Fig 3.2 – Concelhos da Ilha da Madeira

A ilha da Madeira, com 58 km de comprimento máximo, no sentido E-O, e 23 km de largura máxima, no sentido N-S, apresenta um relevo muito acidentado, sendo o ponto mais elevado, o Pico Ruivo, com 1 862 m. Os principais maciços montanhosos, para além do Pico Ruivo, situam-se na cordilheira central da ilha da Madeira, sobressaindo diversos picos acima dos 1 600 m. É de referir também, a uma altitude entre os 1 400 e os 1 600 m, aproximadamente, um planalto, ligeiramente inclinado para sudoeste, com mais de 24 km^2, o Paúl da Serra.

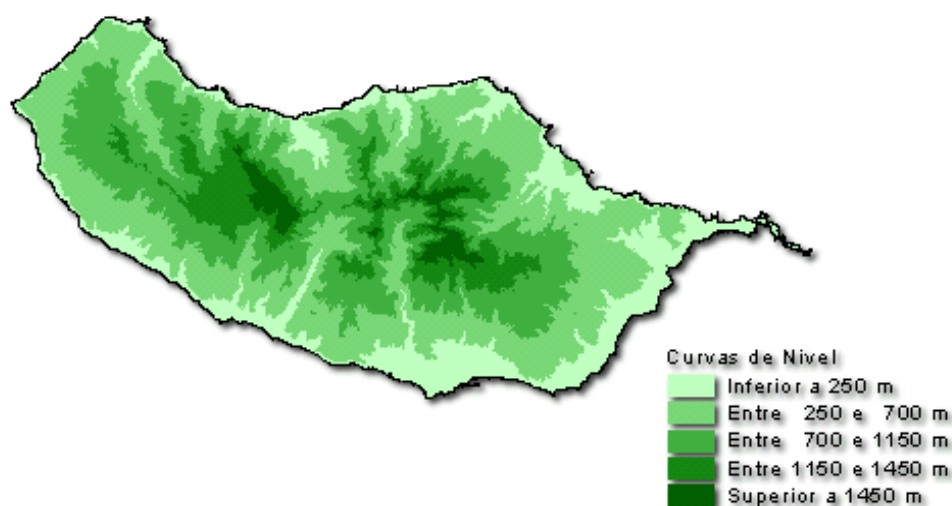
Cerca de um quarto da superfície territorial da ilha (189,50 km^2) encontra-se acima dos 1000 m. A maior parte do território tem declives superiores a 25% (cerca de 482 km^2 ultrapassam este declive); 170 km^2 situam-se entre 25% e 16%; e apenas 85 km^2 têm declives inferiores a 16%.

Atlas Digital do Ambiente - DGA

Fig 3.3 – Relevo da Ilha da Madeira

A ilha é sulcada por inúmeras ribeiras profundas, onde as águas correm sem regularidade, sem permanência e em regime torrencial (com maior evidência no Outono e no Inverno). A erosão, principalmente originada pelas chuvas, tornou a orografia ainda mais acidentada, arrastando para o mar os materiais mais brandos.

Atlas Digital do Ambiente - DGA

Fig 3.4 – Linhas de Água e Bacias Hidrográficas na Ilha da Madeira

A costa, numa extensão total de cerca de 153 km, é uma sucessão de falésias abruptas, mais evidentes na costa norte, mas também pronunciadas na costa sul, onde, aliás, se encontra a mais alta (Cabo Girão), com 580 m sobre o nível do mar. A linha de falésias é interrompida no anfiteatro do Funchal, na baía de Machico e, de resto, praticamente, apenas pelas embocaduras das ribeiras.

Na ilha do Porto Santo (com uma ilha maior de 40 km^2 e três ilhéus com pouco mais de 2 km^2), o maior comprimento atinge 11,6 km e a maior largura é de 5 km. A linha de costa mede no seu todo cerca de 51 km.

Esta ilha é muito menos acidentada que a Madeira, apresentando na sua metade oriental algumas elevações relativamente importantes, como seja o Pico do Facho (a maior altitude, 517 m), o Pico do Gandaia (499 m), o Pico Branco (450 m), o Pico Juliana (441 m) e o Pico do Castelo (437 m). A ilha possui duas pequenas planícies na parte central e uma extensa praia de cerca de 9 km, a quase todo o comprimento da costa meridional. Nas outras costas, há, na sua maior parte, uma sucessão de falésias abruptas.

No Porto Santo, pouco mais de 85% da superfície territorial (cerca de 36 km^2) situa-se abaixo dos 200 m de altitude. Nesta Ilha, dada a escassa pluviosidade que a caracteriza, os cursos de água são menos importantes, mas o regime torrencial das águas das ribeiras é ainda assim relevante.

3.1.3 Geologia e Pedologia

A formação vulcânica das ilhas que constituem o Arquipélago da Madeira remonta ao Terciário. As primeiras erupções ocorreram no período miocénico, mas os fenómenos eruptivos repetiram-se até aos começos do Quaternário.

Pouco resta hoje das principais fases eruptivas, o que leva a supor que o mais importante e primeiro complexo vulcânico da Madeira se tenha situado na parte central da ilha, na zona dos maiores picos (Ruivo, Areeiro, Torres) e das grandes depressões do Curral das Freiras e da Serra de Água. Da última fase vulcânica da ilha da Madeira, ainda se pode observar vestígios bem conservados de manifestações secundárias que ocorreram especialmente ao longo da costa Sul: Pico da Cruz, Pico dos Barcelos, Pico do Silva, Cabeço de Nossa Senhora da Piedade, Lagoa do Santo da Serra, entre muitos outros.

As rochas mais abundantes são as eruptivas em todas as ilhas do Arquipélago, principalmente os basaltos. Depois, com muito menor representatividade, existem os basanitos, hawaiitos, gabros, essexitos e rochas afins e, ainda, traquitos, traquibasaltos, traquiandesitos, traquidoleritos e diabases. Dos outros produtos eruptivos principais destaca-se materiais piroclásticos diversos (tufos, cineritos, bombas vulcânicas, escórias, lapilli, cinzas e conglomerados). Há, também, uma pequena representação de rochas sedimentares (cascalheiras e areias de praia, aluviões, depósitos de vertente, areias de dunas e rochas calcárias, estas sobretudo em Porto Santo) (G. Zbyzewski et al., 1975).

Pode-se, resumidamente, afirmar que o Arquipélago da Madeira é, quanto à geologia, essencialmente basáltico, não havendo portanto variações significativas na natureza das rochas que, só por si, marcadamente, determinem diferenças na composição dos solos.

No que respeita à pedologia, é de registar que, sobretudo nas áreas de cultivo, os solos "naturais" encontram-se actualmente profundamente alterados por acção do homem, designadamente nas áreas de cultivo.

Dos solos "naturais", não afectados pelo homem, e de acordo com o Prof. R. Pinto Ricardo et al. (1984), sobressaem os solos evoluídos, argilosos ou muito argilosos, de boa potencialidade agrícola como os "barros" e os "solos mólicos pardos" e grande parte dos solos "fersialíticos". São ainda de destacar os "andossolos" e solos afins, das zonas mais elevadas, que ainda possuem certa fertilidade, assim como os "solos calcários", do Porto Santo.

Dos solos "naturais" pouco evoluídos e que se prestam para o cultivo de espécies florestais, destaca-se os "solos aluvionais", os "regossolos cascalhentos", os "regossolos psamíticos" e os "solos litólicos", normalmente muito pedregosos e pouco espessos, com fraco potencial agrícola.

3.1.4 Clima

De um modo geral, o clima do Arquipélago da Madeira pode classificar-se como temperado (valor médio anual da temperatura do ar entre 10º e 20º C), oceânico (amplitude da variação anual da temperatura média do ar inferior a 10º C) e húmido (valor médio anual da humidade atmosférica do ar entre 75% e 90%), sendo, em grande parte dos locais da Madeira, moderadamente chuvoso (valor médio anual da quantidade de precipitação entre 500 mm e 1 000 mm) e, no Porto Santo, semi-árido (precipitação anual total entre 250 mm e 500 mm).

Nas maiores altitudes da Madeira, o clima é, porém, frio, excessivamente chuvoso e, por vezes, seco. Nos locais de menor altitude, à beira-mar e na encosta Sul, o clima é mais seco e moderadamente chuvoso.

Na ilha da Madeira, dadas as suas características morfológicas e a sua situação geográfica, a encosta Norte é mais fria, mais húmida, mais sombria e mais pluviosa que a encosta Sul, abrigada, pelas montanhas, dos ventos predominantes que sopram no Atlântico Norte. Este facto, para além da orografia, faz com que a encosta Sul tenha sido mais propícia à ocupação humana.

"O estado do tempo durante o ano na Região da Madeira é mais nitidamente influenciado pelos anticiclones continentais do noroeste da África e da Europa Ocidental do que pelo anticiclone dos Açores e pela superfície frontal polar que raramente desce até à latitude dos Açores. Da influência daqueles anticiclones depende a possibilidade de a Região da Madeira ser atingida pelos sistemas frontais do Atlântico Norte e pelas depressões que se formam no Atlântico, na Península Ibérica e no noroeste da África; deles dependem igualmente a natureza e as características das massas de ar que atingem a Ilha da Madeira." (M. Sousa Machado, in "Balanço Hídrico e Clima do Arquipélago da Madeira", fasc. XXXIII, O Clima de Portugal, INMG, Lisboa, 1984).

O clima do Arquipélago é semelhante ao mediterrânico, com uma estação seca mais ou menos pronunciada no Verão, mas com um regime de temperaturas bastante mais regular.

Quanto à temperatura do ar, a média anual (nos vários postos de observação, entre 1951 e 1980) varia entre 19,3º C (Lugar de Baixo, na freguesia da Ponta Sol, a 15 m de altitude) e 9,0º C na Bica da Cana, a 1 560 m de altitude. Quanto aos valores médios mensais da temperatura, constata-se que variam com regularidade ao longo do ano, sendo normalmente máximos em Agosto e mínimos em Fevereiro (com excepção dalguns locais e anos em que é Janeiro). A temperatura média do mês mais frio foi registada no Areeiro, a 1 610 m de altitude e na Bica da Cana (5,4º C), enquanto essa temperatura, no Lugar de Baixo, foi de 16,4º C. A temperatura média do ar no mês mais quente é sempre superior a 22º C no Lugar de Baixo e no Porto Santo e cerca desse valor no Funchal. Refira-se que, na ilha da Madeira, e de acordo com as observações efectuadas, a temperatura do ar diminui, aproximadamente, 1º C por cada 156 m de altitude.

No Funchal (Observatório Meteorológico, 58 m de altitude), os valores médios mensais da temperatura do ar e as médias dos valores máximos e mínimos e, ainda, os valores extremos, ocorridos nos vários meses, ao longo do ano, são apresentados no quadro seguinte.

	Valores médios (ºC)			Valores extremos (ºC)	
	Mensal	Máximos	Mínimos	Máximos	Mínimos
Janeiro	15,8	19,0	13,0	25,2	7,5
Fevereiro	15,6	18,9	12,7	26,6	7,3
Março	15,9	19,2	13,0	33,8	7,7
Abril	16,3	19,5	13,3	27,8	9,3
Maio	17,6	20,8	14,6	32,1	10,9
Junho	19,3	22,1	16,4	33,1	12,0
Julho	20,9	24,0	17,9	38,3	14,7
Agosto	21,9	25,4	18,8	38,5	15,9
Setembro	21,7	25,4	18,6	35,1	14,9
Outubro	20,5	24,1	17,6	33,4	13,1
Novembro	18,3	21,8	15,5	29,5	10,6
Dezembro	16,4	19,9	13,6	26,5	8,0
ANUAL	***18,4***	***21,7***	***15,4***	***38,5***	***7,3***

Fonte: Madeira, Um Tempo para Férias – Observatório Meteorológico do Funchal

Quadro 3.1 – Temperatura do Ar no Período 1951-1980

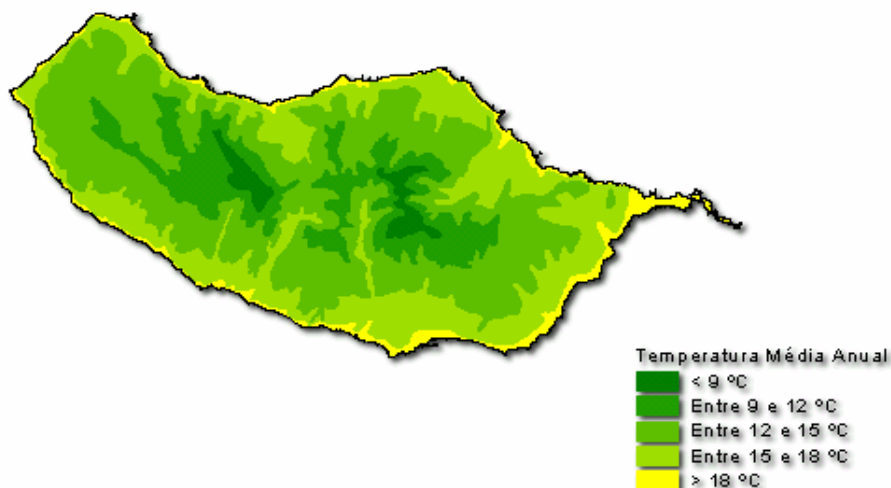
Pode-se afirmar que, em todo o Arquipélago, abaixo dos 800 m, a temperatura média do ar é sempre superior a 10º C em todos os meses do ano. Em todos os locais de observação meteorológica no Arquipélago, de 1941 a 1980, não foram registadas temperaturas mínimas inferiores a 0º C, com excepção do Areeiro (9 dias).

Atlas Digital do Ambiente - DGA

Fig 3.5 – Distribuição da Temperatura Média Anual na Ilha da Madeira

No Lugar de Baixo, à mais baixa altitude, há um número maior de dias (77) em que a temperatura máxima diária do ar ultrapassa os 25º C, enquanto no Areeiro, à altitude mais elevada, não se ultrapassam os 10 dias nessas condições.

A acção estabilizadora do Oceano faz com que as amplitudes térmicas do ar sejam reduzidas, durante o dia e durante o ano. A amplitude média da variação diurna da temperatura do ar varia entre cerca de 4º C e 10,5º C, sendo maior nos pontos mais elevados da costa Norte. A amplitude média da variação anual é máxima nas maiores altitudes. Da mesma forma, as amplitudes médias das variações da temperatura da água do mar são também muito pequenas, sendo a variação anual de apenas cerca de 5º C.

Quanto à humidade relativa, a média anual no Funchal é de 70% (máxima mensal de 73% e mínima de 68%), mas nos diversos locais de observação, as médias mensais variam entre um máximo de 92% e um mínimo de 62%. No Porto Moniz (673 m de altitude) constatam-se valores elevados de humidade do ar (média de 86%, máxima de 90% e mínima de 80%). Pode dizer-se que, na Ilha da Madeira, a humidade relativa do ar aumenta a partir do nível do mar até à zona dos nevoeiros e diminui a partir daqui para as mais elevadas altitudes. Na Ilha do Porto Santo, a humidade relativa do ar média, anual, é de 74% (mínima de 71% e máxima de 78%).

No que respeita ao vento, normalmente, não são atingidos valores médios elevados no Arquipélago. Predominam os ventos do quadrante Norte, mas no anfiteatro do Funchal, pelas suas condições topográficas, há também frequência dos ventos do sudoeste. Dum modo geral, pode-se dizer que a velocidade média do vento tem os valores máximos no Inverno e os mínimos no Verão.

O número médio de dias do ano com vento forte (velocidade média do vento igual ou superior a 36 km/h), que é apenas de 1 no Funchal, é de 70 no Areeiro, 37 no Lugar de Baixo e 29 no Porto Santo. O número médio de dias do ano com vento muito forte (velocidade média do vento igual ou superior a 55 km/h), é praticamente nulo no Funchal, 19 no Areeiro e no Lugar de Baixo e 4 no Porto Santo.

É de referir, a ocorrência esporádica de um vento quente e muito seco, conhecido por “leste”, que arrasta um poeira fina proveniente do Norte de África, que podem durar, regra geral, de 3 a 7 dias. Associado a este fenómeno, foram registados valores extremos de temperatura (39,2º C, em 1922) e de humidade (3%, em 1908)

Quanto à pluviosidade, nota-se a escassez de chuvas na época mais quente. Na encosta Sul da ilha da Madeira, abaixo dos 500 m e no Porto Santo, há entre 3 a 6 meses áridos, correspondendo o maior número às cotas entre 0 e 100 m de altitude. Acima de 500 m, o número de meses áridos é menor que 3. A maior abundância de chuvas verifica-se no período Outubro-Março. Tanto na Madeira, como no Porto Santo, a pluviosidade é tanto maior quanto maior for a altitude e, em regra, é também maior na encosta Norte do que na Sul, para a mesma altitude.

Os valores médios anuais da quantidade de precipitação e do número de dias de chuva são, respectivamente, de 638,5 mm e 90 dias para o Funchal, e de 380,9 mm e 109 dias para o Porto Santo. A altitudes médias, na ilha da Madeira, como na Camacha (680 m de altitude) e no Porto Moniz (673 m de altitude), esses valores atingem 1 522,7 mm e 122 dias, e 1 527,4 mm e 154 dias. A grandes altitudes, a precipitação e o número de dias de chuva aumenta significativamente, como nas Queimadas (860 m de altitude), com 2 314,6 mm e 157 dias, e na Bica da Cana (1 560 m de altitude) e no Areeiro (1 610 m de altitude), onde são ultrapassados os 2 900 mm de precipitação e os 170-180 dias de chuva.

Os valores médios mensais da pluviosidade variam durante o ano com certa regularidade, sendo os meses mais chuvosos os de Novembro, Dezembro, Janeiro e Fevereiro, com predominância geral para os meses de Janeiro e Novembro, e os menos chuvosos os de Julho e Agosto. No semestre menos chuvoso, de Abril a Setembro, a precipitação caída é, em média, cerca da quarta parte da pluviosidade total anual.

A título exemplificativo refere-se no quadro seguinte os valores médios mensais da pluviosidade e o número de dias de chuva em três postos de observação meteorológica, no período 1951-1980.

	Funchal		**Porto Santo**		**Bica da Cana**	
	Precipitação (mm)	**Nº de dias de chuva**	**Precipitação (mm)**	**Nº de dias de chuva**	**Precipitação (mm)**	**Nº de dias de chuva**
Janeiro	115,7	13	64,5	14	480,5	19
Fevereiro	95,0	11	49,0	12	381,1	16
Março	67,4	11	44,6	11	338,9	17
Abril	39,2	7	21,1	8	205,6	15
Maio	16,3	4	12,2	6	132,3	12
Junho	10,5	3	6,3	5	84,8	9
Julho	3,0	1	2,6	4	26,8	6
Agosto	3,7	1	5,7	4	40,5	8
Setembro	19,6	5	13,9	6	117,8	12
Outubro	73,2	10	47,8	11	331,6	17
Novembro	103,4	11	52,4	13	412,4	19
Dezembro	91,5	13	60,8	15	432,7	20
ANUAL	***638,5***	***90***	***380,9***	***109***	***2 985,0***	***170***

Fonte: Madeira, Um Tempo para Férias – Observatório Meteorológico do Funchal

Quadro 3.2 – Valores Médios da Pluviosidade e Número de Dias de Chuva (1951-1980)

No que refere à insolação, os valores mínimos mensais ocorrem de Novembro a Janeiro e os máximos, em Julho ou Agosto. No Funchal, a insolação total é de cerca de 2 300 horas e no Porto Santo é um pouco superior (2 316 horas). No Areeiro totaliza 2 250 horas e no Sanatório do Monte é de perto de 1 900 horas. O máximo de insolação mensal verificou-se a grande altitude, no Areeiro (301,4 horas), em Julho. No Porto Santo, o máximo de insolação foi de 250,1 horas e, no Funchal, 249,1 horas, ambos no mês de Agosto.

O mínimo de insolação mensal verificou-se no Areeiro, em Dezembro, com 109,2 horas e no Sanatório do Monte, esse mínimo atingiu 130,3 horas, em Novembro. No Funchal, foi de 149,6 horas, em Janeiro e, no Porto Santo, foi de 132,6 horas, em Dezembro.

3.1.5 Oceanografia

No que respeita à temperatura da água do mar, é de referir que os respectivos valores médios mensais são geralmente superiores aos da temperatura do ar. No Funchal, o valor médio anual da temperatura da água do mar (à superfície) é de 19,7º C (média dos últimos vinte anos), com um mínimo mensal de 17,4º C, em Fevereiro e Março, e um máximo, em Setembro, de 22,5º C.

Nas diferentes estações do ano, as temperaturas médias da água do mar são, sensivelmente, as seguintes:

- Inverno - 18º C;
- Primavera - 18,5º C;
- Verão - 22º C;
- Outono - 21º C.

De acordo com dados da Missão Hidrográfica das Ilhas Adjacentes (Roteiro do Arquipélago da Madeira e Ilhas Selvagens, Inst. Hidrográfico, 2ª. edição, Lisboa, 1979), a temperatura média anual da água do mar nas Selvagens é cerca de 0,5º C superior à verificada na Madeira (Funchal), variando as temperaturas médias mensais no mar daquelas ilhotas de +0,1º C a +1º C acima das mesmas temperaturas nos meses homólogos, no mar da Madeira.

Com a profundidade, refere a mesma Missão que a temperatura da água do mar diminui sensivelmente, conforme se constata no quadro seguinte.

Profundidade (m)	Temperatura média anual (ºC)	
	Madeira	Selvagens
0	19,5	19,8
200	15,0	16,2
400	12,5	13,0
600	11,2	10,6
800	10,0	9,5
1000	9,2	8,4

Quadro 3.3 – Temperatura Média Anual da Água do Mar

No que respeita a salinidade e densidade da água do mar, à superfície, os valores médios anuais são para a Madeira, respectivamente, de 36,66‰ e 1,02622, oscilando entre valores mensais de 36,32‰ e 36,87‰ e 1,02550 e 1,0269, ligeiramente inferiores aos detectados nas Selvagens.

No Arquipélago da Madeira, faz-se sentir a influência de um ramo da "Gulf-Stream" ou corrente do Golfo (que tem origem no golfo do México), a qual "desce" paralelamente às costas da Europa e da África ocidental, no sentido N-S, com uma velocidade de 16 milhas por dia e às vezes muito mais; incide "perpendicularmente na costa Norte da Ilha da Madeira, torneando-a pelos dois cabos extremos, o de nascente ou Ponta de São Lourenço e o de poente ou Ponta do Pargo, reunindo-se depois ao Sul para seguir o seu rumo primitivo".

Ainda relativamente a fenómenos marítimos que ocorrem na Região, importa referir que as marés são muito regulares e de pequena intensidade, havendo sempre duas preia-mares e duas baixa-mares por dia. De acordo, com as tabelas elaboradas pela Junta Autónoma dos Portos do Arquipélago da Madeira e, mais recentemente, pela Direcção Regional de Portos (feitas a partir de observações das Missões Hidrográficas para as Ilhas Adjacentes), as alturas das marés no porto

do Funchal, calculadas em relação ao zero hidrográfico (que fica situado a 1,40 m abaixo do nível médio do mar ou 5,6 m abaixo da marca de contacto MC colocada junto da boca do poço do marégrafo) e para condições meteorológicas médias, variam, durante o ano, em média (1971-1988), as máximas, entre 2,48 m (Maio) e 2,72 m (Setembro), com valores extremos de 2,30 m e 2,80 m e, as mínimas, entre 0,14 m (Março) e 0,33 m (Dezembro), com valores extremos de 0,05 m e 0,5 m. As amplitudes máximas e mínimas das marés no porto do Funchal (para o período 1971-88) registam valores médios de 2,60 m e 0,50 m, respectivamente, e valores extremos de 2,70 m e 0, 40 m.

Refira-se, ainda, que, segundo a Missão Hidrográfica das Ilhas Adjacentes (1936-1938) e sobre os movimentos das águas do mar, "a ondulação forte (denominada popularmente levadia) aparece no mar do Arquipélago no Outono e Inverno, precedendo e acompanhando os temporais dos quadrantes do S e W e também quando há depressões fortes no Atlântico Norte. As ondulações fortes de SW, W e NW são as mais frequentes, tendo geralmente uma frequência anual (dias) de cerca de 20; as muito fortes, bem como as ondulações fortes de E e SE, são muito raras, tendo uma frequência anual (dias) de 1. As ondulações moderadas e fracas são as mais frequentes, mas durante os meses de Abril a Setembro predomina a forte vaga produzida pela brisa de Nordeste."

Dos dados de agitação marítima ao largo da costa Sul da ilha da Madeira (Relatórios do Instituto Hidrográfico "Tratamento de Dados da Agitação Marítima, Funchal – Julho a Setembro de 1997" e "Tratamento de Dados da Agitação Marítima, Funchal – Outubro a Dezembro de 1997"), que se reportam aos registos de uma estação ondógrafo, instalada ao largo da Ponta da Cruz (Funchal), destaca-se os seguintes elementos:

- HS (Altura de onda mais significativa) = 4,45 m
- THS (Período correspondente a HS) = 13,1 s
- HMAX (Altura máxima de zero ascendente) = 7,81 m
- THMAX (Período correspondente a HMAX) = 14,8 s
- TMAX (Período máximo ocorrido) = 21,9 s

O regime de agitação marítima junto à costa difere dos valores obtidos ao largo, por influência das profundidades mais baixas, que fazem reduzir a amplitude da onda, tornando ainda os períodos mais curtos.

3.2 Contexto Social e Económico

3.2.1 Demografia

Em 2001, a população residente na Região Autónoma da Madeira era de 245 011 habitantes, dos quais 103 961 habitantes (42%) estavam concentrados no Funchal e 4 474 residiam na ilha do Porto Santo, como se apresenta no quadro seguinte. A densidade populacional era de 326 habitantes/km^2 na ilha da Madeira e 106 habitantes/km^2 no Porto Santo. Estima-se que a população flutuante (não residente), originada essencialmente pela actividade turística na Região, seja de aproximadamente 20 000 indivíduos/dia, em média, ao longo do ano. No Porto Santo, a população flutuante apresenta uma grande sazonalidade, podendo triplicar nos meses de Verão.

	População residente	Famílias clássicas	Famílias institucionais
Calheta	11 946	4 071	2
Câmara de Lobos	34 614	8 957	3
Funchal	103 961	31 581	67
Machico	21 747	6 121	4
Ponta do Sol	8 125	2 569	0
Porto Moniz	2 927	1 032	0
Ribeira Brava	12 494	3 806	3
Santa Cruz	29 721	8 887	10
Santana	8 804	3 019	3
São Vicente	6 198	2 176	4
Porto Santo	4 474	1 400	2
RAM	245 011	73 619	98

Fontes: Censos 2001, INE

Quadro 3.4 – População e Famílias em 2001

Nas últimas quatro décadas, a população residente tem-se mantido a níveis estáveis, contrariamente ao que se verificara até aos anos 60, como se pode verificar no quadro seguinte. A análise da evolução da população residente mostra uma acentuada dinâmica de crescimento, desde o início do século, até 1950, a que se seguiu uma forte quebra na década de 60, determinada pelo comportamento do fluxo emigratório, o qual foi muito mais significativo do que em décadas anteriores.

	1960	1970	1981	1991	2001
Calheta	21 799	15 505	12 954	13 005	11 946
Câmara de Lobos	29 759	31 810	31 035	31 476	34 614
Funchal	98 113	101 810	112 746	115 403	103 961
Machico	21 606	21 010	22 126	22 016	21 747
Ponta do Sol	13 829	10 945	9 149	8 756	8 125
Porto Moniz	5 917	4 480	3 963	3 432	2 927
Ribeira Brava	19 793	15 960	13 480	13 170	12 494
Santa Cruz	29 042	22 940	23 261	23 465	29 721
Santana	13 971	12 850	11 253	10 302	8 804
São Vicente	11 603	10 065	8 501	7 695	6 198
Porto Santo	3 505	3 760	4 376	4 706	4 474
RAM	268 937	251 135	252 844	253 426	245 011

Fontes: Censos 91, Censos 2001, INE

Quadro 3.5 – Evolução da População Residente

Quanto à distribuição espacial do povoamento, na ilha da Madeira, a população fixa-se, sobretudo, abaixo da cota de 200 metros. Acima dos 1 000 metros de altitude, esta ilha é praticamente desabitada. No Porto Santo, a maior parte da população concentra-se em torno do centro da cidade, sendo de assinalar a existência de um grande número de fogos de residência secundária.

Cerca de 3/4 da população da Região estão localizados na encosta Sul da ilha da Madeira, na área delimitada pelos concelhos do Funchal, Câmara de Lobos, Santa Cruz e Machico. A maior concentração verifica-se no concelho do Funchal, onde a densidade populacional é cerca de 5 vezes superior à média da Região. Em contrapartida, verifica-se o abandono de algumas áreas da costa Norte e Oeste, com características rurais.

O habitat populacional é, na maior parte do território, altamente disperso, havendo predominância de pequenas aglomerações. As características do povoamento, a que se juntam as da orografia e insularidade da Região, originam custos elevados e outros problemas quanto à implantação de infra-estruturas e equipamentos e à repartição espacial da oferta de serviços colectivos.

3.2.2 Edifícios e Alojamentos

Em 2001, existiam 74 799 edifícios, com 95 241 alojamentos colectivos e unifamilares, na Região Autónoma da Madeira. Dos alojamentos, 174 são hotéis e similares, 158 são outros alojamentos colectivos (hospitais, lares, estabelecimentos prisionais, etc.) e 94 909 são alojamentos familiares. Os quadros seguintes apresentam os edifícios e alojamentos por concelho em 2001.

	Edifícios de uso exclusivamente residencial	Edifícios de uso principalmente residencial	Edifícios de uso principalmente não residencial
Calheta	5 700	421	55
Câmara de Lobos	8 263	446	36
Funchal	23 844	966	146
Machico	6 268	338	31
Ponta do Sol	3 442	140	14
Porto Moniz	1 362	44	9
Ribeira Brava	4 973	144	10
Santa Cruz	8 864	364	51
Santana	3 750	174	14
São Vicente	2 775	123	39
Porto Santo	1 925	57	11
RAM	71 166	3 217	416

Fontes: Censos 2001, INE

Quadro 3.6 – Edifícios por tipos de uso em 2001

	Edifícios com 1 alojamento	Edifício com 2 a 9 alojamentos	Edifício com 10 a 15 alojamentos	Edifício com 16 ou mais alojamentos
Calheta	6 075	94	4	3
Câmara de Lobos	8 267	451	24	3
Funchal	21 757	2 683	334	182
Machico	6 261	362	5	9
Ponta do Sol	3 520	72	4	0
Porto Moniz	1 400	15	0	0
Ribeira Brava	5 023	94	6	4
Santa Cruz	8 721	472	50	36
Santana	3 862	76	0	0
São Vicente	2 879	58	0	0
Porto Santo	1 807	182	1	3
RAM	69 572	4 559	428	240

Fontes: Censos 2001, INE

Quadro 3.7 – Edifícios por número de alojamentos em 2001

	Hotéis e similares	Outros alojamentos colectivos	Alojamentos familiares
Calheta	8	8	6 395
Câmara de Lobos	1	4	10 173
Funchal	106	95	38 855
Machico	7	13	7 427
Ponta do Sol	2	0	3 734
Porto Moniz	2	1	1 432
Ribeira Brava	6	4	5 442
Santa Cruz	22	18	12 000
Santana	8	4	4 036
São Vicente	4	8	3 006
Porto Santo	8	3	2 409
RAM	174	158	94 909

Quadro 3.8 – Alojamentos em 2001

3.2.3 Actividade Económica

Tendo em conta os valores oficiais das Contas Regionais publicadas, o quadro seguinte dá conta da evolução sofrida pelo Produto Interno Bruto (PIB) e pelo Valor Acrescentado Bruto (VAB) ao longo dos últimos anos.

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
PIBpm (M€)	1 950	2 070	2 337	2 630	2 824	3055	3 219
VABpm (M€)	1 589	1 718	1 837	2 066	2 205	2 634	2 789
PIBpm per capita RAM (1000 €)	7,8	8,3	9,5	10,7	11,5	12,7	13,4
PIBpm per capita Portugal (1000 €)	8,1	8,6	9,2	10,0	10,6	11,3	11,9

Fonte: Anuário Estatístico da RAM – 2002 e 2003, INE

Quadro 3.9 – Evolução do PIBpm e do VABpm na RAM

A análise deste quadro mostra uma clara melhoria dos indicadores mais representativos da economia madeirense no período 1995/2001, ao mesmo tempo que mostra a forma como os valores *per capita* do PIB têm vindo a evoluir em relação às médias nacionais.

A maior contribuição para o VAB provém das actividades do sector terciário, como se pode constatar no quadro seguinte, mas também é assinalável o peso da construção (13,1%), o que se tem devido, em grande parte, a obras públicas e ao crescimento do sector imobiliário.

Actividades económica CAE REV. 2 A17	2000		2001	
	M€	%	M€	%
A - Agricultura, produção animal, caça e silvicultura	57	2,1%	63	2,1%
B - Pesca	17	0,6%	22	0,7%
C - Indústrias extractivas	7	0,3%	8	0,3%
D - Indústrias transformadoras	143	5,2%	154	5,2%
E - Produção e distribuição de electricidade, gás e água	43	1,6%	47	1,6%
F - Construção	362	13,1%	387	13,2%
G - Comércio por grosso e a retalho; reparação de veículos automóveis, motociclos e de bens de uso pessoal e doméstico	364	13,2%	383	13,0%
H - Alojamento e restauração (restaurantes e similares)	228	8,2%	256	8,7%
I - Transportes, armazenagem e comunicações	238	8,6%	264	9,0%
J - Actividades financeiras	207	7,5%	142	4,8%
K - Actividades imobiliárias, alugueres e serviços prestados às empresas	371	13,4%	408	13,9%
L - Administração pública, defesa e segurança social obrigatória	357	12,9%	389	13,2%
M - Educação	122	4,4%	137	4,7%
N - Saúde e acção social	141	5,1%	156	5,3%
O - Outras actividades de serviços colectivos, sociais e pessoais	97	3,5%	106	3,6%
P - Famílias com empregados domésticos	13	0,5%	15	0,5%
TOTAL	2 767		2 937	

Quadro 3.10 – Distribuição do VAB por actividade económica na RAM

Para além da produção de energia eléctrica, a indústria e a hotelaria são as actividades económicas mais representativas em termos de potencial de utilização de gás natural, pelo que se apresenta, de seguida, uma descrição mais detalhada.

Indústria

Com base num estudo levado a cabo pela AREAM em 2002, de um universo de 414 empresas industriais em actividade, distribuídas pelos diversos concelhos da RAM, o concelho do Funchal é o que apresenta o maior número de unidades industriais, correspondendo a mais de 40% das empresas industriais da Região Autónoma da Madeira, seguindo-se os concelhos de Santa Cruz, Câmara de Lobos e Machico. Os restantes concelhos possuem no total 21% das empresas, como se pode observar pela figura seguinte.

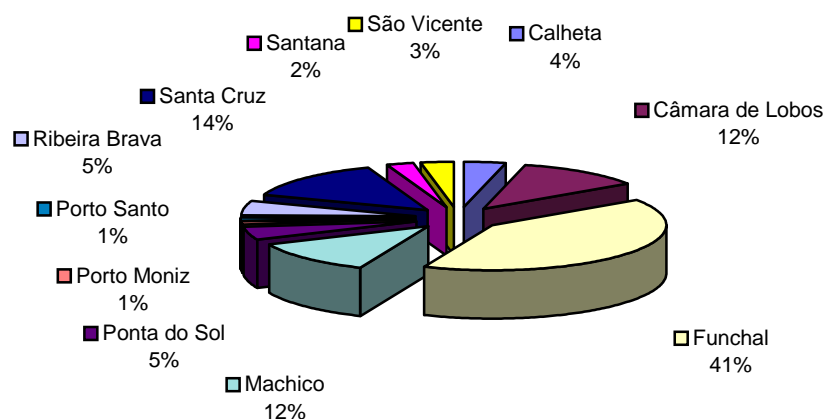



Gráfico 3.1 - Distribuição das unidades industriais na RAM por concelhos em 2001

	Construção civil, produtos minerais não metálicos, madeira e cortiça e mobiliário	Indústria alimentar, bebidas e tabaco	Têxtil, vestuário e couro	Papel e artes gráficas	Fabricação produtos metálicos, equipamentos, material de transporte	Outros	Total
Calheta	9	6	0	0	1	0	16
C. de Lobos	13	18	0	1	13	3	48
Funchal	35	71	20	13	18	13	170
Machico	15	17	0	0	10	7	49
Ponta do Sol	11	4	0	0	5	0	20
Porto Moniz	2	2	0	0	0	0	4
Porto Santo	3	1	0	0	1	0	5
Ribeira Brava	14	5	0	0	3	0	22
Santa Cruz	12	21	0	2	17	5	57
Santana	5	4	0	0	1	0	10
São Vicente	10	3	0	0	0	0	13
TOTAL	**129**	**152**	**20**	**16**	**69**	**28**	**414**

Quadro 3.11 – Composição do tecido industrial da RAM em 2001

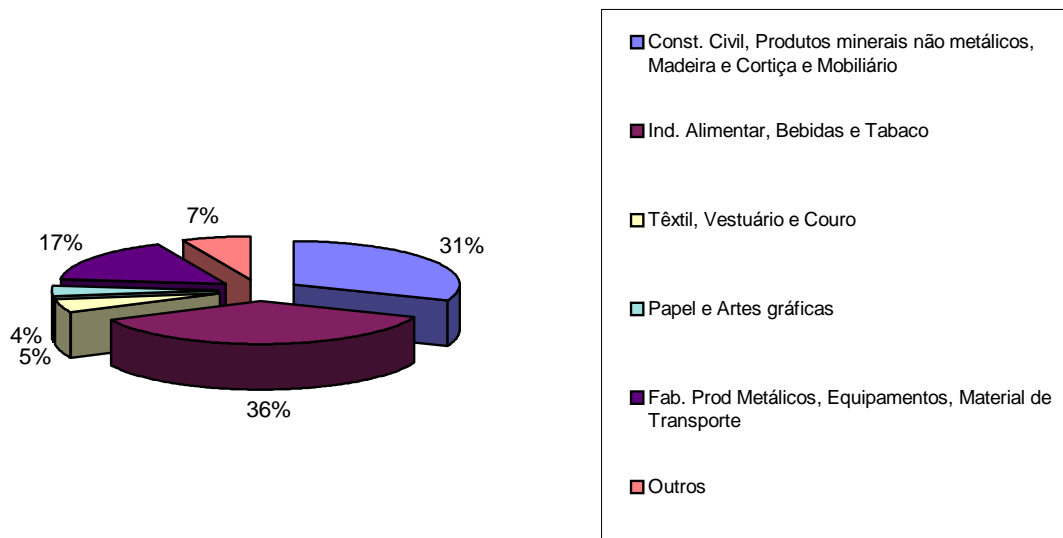



Gráfico 3.2 - Distribuição das empresas por sector industrial na RAM em 2001

Um grande número de instalações industriais encontram-se, actualmente, ainda dispersas em zonas urbanas e zonas rurais, mas as unidades de maior dimensão estão, de um modo geral, localizadas em zonas industriais, designadamente em dois parques empresariais – Parque Empresarial da Cancela (Santa Cruz) e Parque Empresarial da Zona Oeste (Câmara de Lobos) – e na Zona Franca Industrial do Caniçal.

Em 2004, entraram em funcionamento seis novos parques empresariais, designadamente, nos concelhos de São Vicente, Santa Cruz (Camacha), Porto Moniz, Santana, Ponta do Sol e Machico, estando prevista a abertura de mais quatro parques empresariais, nos concelhos da Calheta, Ribeira Brava, Câmara de Lobos (Estreito de Câmara de Lobos) e Porto Santo. Com estes novos parques empresariais, são criadas condições para acolher grande parte das unidades industriais de todos os concelhos da Região. A maioria destes parques está equipada com rede de gás, que futuramente poderá servir para a distribuição de gás natural.

Turismo

O turismo representa hoje o sector mais dinamizador da economia regional. No quadro seguinte, apresenta-se os dados relativos ao número de estabelecimentos para os anos de 1992, 1996, 2000, 2001 e 2002.

Tipo de Estabelecimentos	Categoria	N.º de Estabelecimentos				
		1992	1996	2000	2001	2002
Hotéis	★★★★★	6	6	8	8	9
	★★★★	11	15	20	25	27
	★★★	9	11	13	14	14
	★★	1	1	1	1	1
Hotéis Apartamentos	★★★★★			1	1	2
	★★★★	8	17	21	23	23
	★★★	11	11	11	11	11
	★★	1	1	1	1	1
Apartamentos Turísticos	–	9	15	45	47	48
Pensões	–	32	46	50	50	51
Albergarias	–	2	3	4	5	5
Estalagens	–	7	12	21	22	23
Pousadas	–	2	2	2	2	2
Moradias Turísticas	–		1	29	33	37
Conjuntos Turísticos	–		1			
Turismo em Espaço Rural	–		13	35	41	44
Total	–	99	155	262	284	298

Fonte: SRTC-DRT

Quadro 3.12 - Número de estabelecimentos por tipologia, grupo e categoria

Como se pode observar neste quadro, o número de estabelecimentos apresenta um evolução crescente desde 1992. De um modo geral, em todas as tipologias, ocorreu um acréscimo significativo do número estabelecimentos.

No que refere à capacidade de alojamento, também se verifica uma evolução crescente da capacidade total, para praticamente todas as tipologias e categorias de estabelecimentos. A capacidade de alojamento é apresentada no quadro seguinte para os anos de 1992, 1996, 2000, 2001 e 2002.

Tipo de Estabelecimentos	Categoria	Capacidade de alojamento				
		1992	1996	2000	2001	2002
Hotéis	★★★★★	3 567	3 389	4 627	4 627	13 180
	★★★★	3 131	3 769	4 831	6 140	
	★★★	1 373	1 696	1 862	1 953	
	★★	76	76	76	76	
Hotéis Apartamentos	★★★★★			574	574	8 920
	★★★★	1 690	3 425	5 283	5 974	
	★★★	1 934	1 934	1 934	1 934	
	★★	90	90	90	90	
Apartamentos Turísticos	–	344	572	925	931	915
Pensões	–	1 300	1 732	2 016	2 024	2 044
Albergarias	–	198	214	357	423	423
Estalagens	–	426	606	1 344	1 404	1 572
Pousadas	–	71	71	71	71	71
Moradias Turísticas	–		224	210	242	274
Conjuntos Turísticos	–		50			
Turismo em Espaço Rural	–		109	320	397	436
Total	–	14 200	17 957	24 520	26 860	27 835

Fonte: SRTC-DRT

Quadro 3.13 - Capacidade de alojamento por tipologia, grupo e categoria

A figura seguinte apresenta a distribuição da capacidade de alojamento, por tipologia, em 2002, a qual totalizava o valor de 27 835 camas, distribuídas pelos 298 estabelecimentos turísticos.

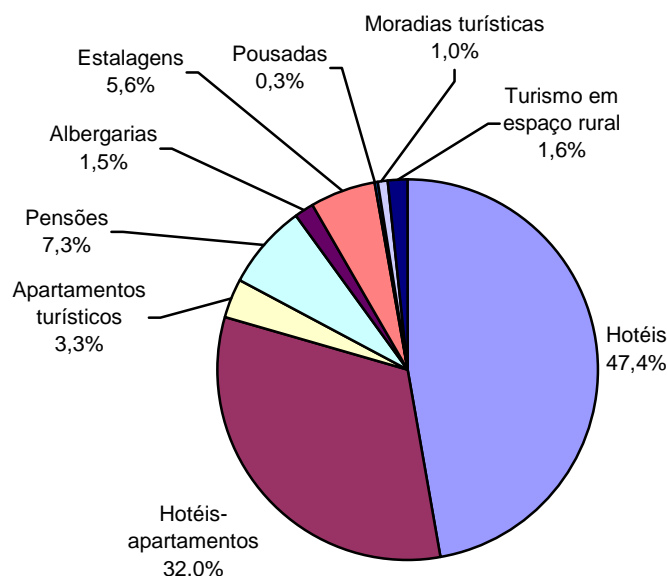



Gráfico 3.3 - Capacidade de alojamento por tipologia em 2002

A análise das figura anterior permite observar que embora os Hotéis e os Hotéis-apartamentos correspondam a apenas a 30% do número total de estabelecimentos turísticos existentes na RAM em 2002, em termos da capacidade de alojamento estes correspondem a 79% do valor total para a Região.

Em 2001, os hotéis de 5 e 4 estrelas representam cerca de 90% do valor total da capacidade de alojamento correspondente ao grupo dos hotéis, e 64% da capacidade total de alojamento na RAM, o que permite verificar a importância destas duas categorias de estabelecimentos. Estes estabelecimentos hoteleiros são também os de maior dimensão e os que apresentam maiores consumos específicos de energia por cama e por dormida.

Relativamente à localização dos empreendimentos turísticos, em 2002, 67% da capacidade de alojamento situava-se no concelho do Funchal e 13% no concelho de Santa Cruz, totalizando mais de 80% da capacidade de alojamento da RAM. A figura seguinte apresenta a distribuição do número de camas por concelho.

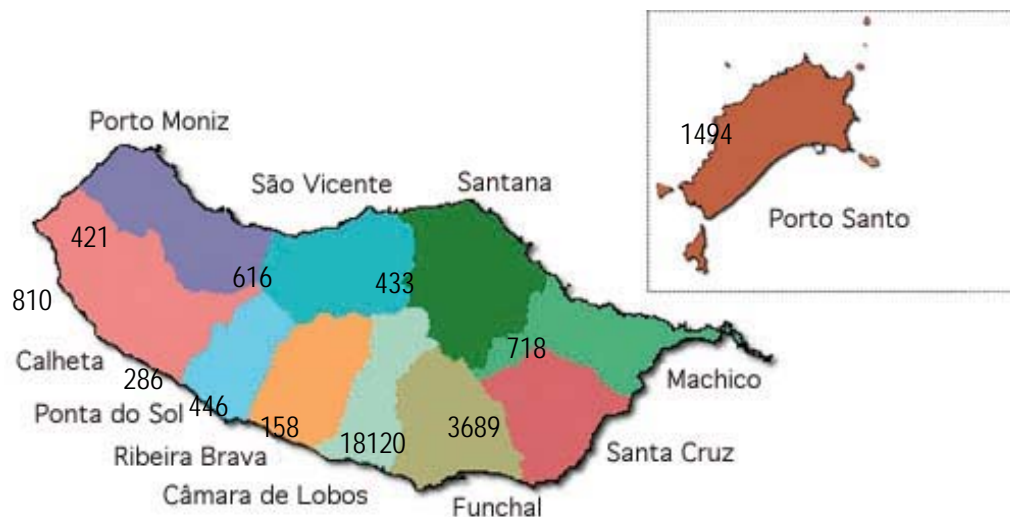



Fig. 3.6 - Capacidade de alojamento por concelho em 2002

O quadro seguinte apresenta a evolução da capacidade de alojamento de 1992 a 2002, por concelho.

	1992	1996	2000	2001	2002
Funchal	10 797	13 192	17 637	18 120	18 764
Santa Cruz	1 199	2 167	2 490	3 681	3 689
Machico	1 021	574	706	714	718
Santana	74	166	324	391	433
São Vicente	256	298	404	404	616
Porto Moniz	54	123	207	419	421
Calheta	20	238	644	789	810
Ponta do Sol	-	-	152	294	286
Ribeira Brava	209	281	350	438	446
Câmara de Lobos	-	4	158	158	158
Porto Santo	570	914	1 448	1 452	1 494
Total	14 200	17 957	24 520	26 860	27 835

Fonte: SRTC-DRT

Quadro 3.14 - Evolução da capacidade de alojamento por concelho

Na RAM, a taxa de ocupação hoteleira não tem variações muito acentuadas ao longo do ano, como se pode verificar na figura seguinte, para o ano 2002, em que a taxa de ocupação média foi de 54,2%.

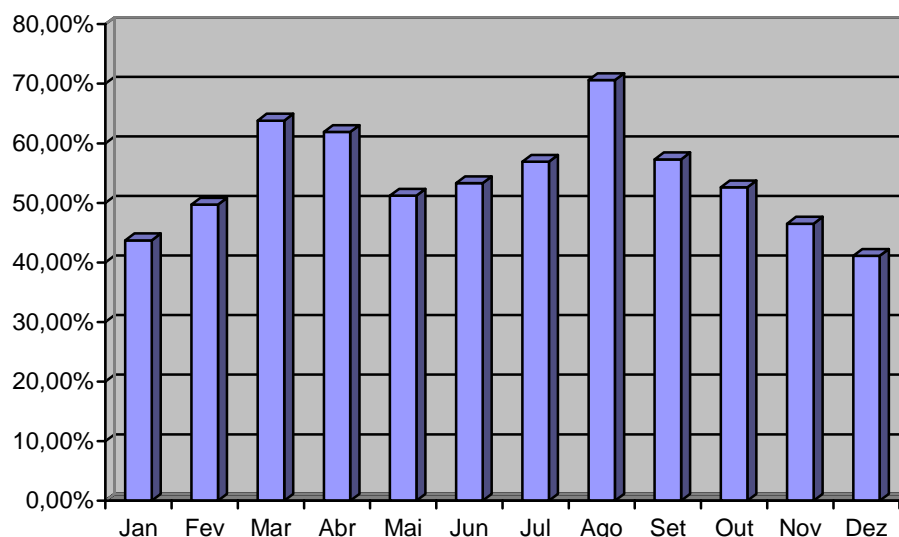



Gráfico 3.4 - Variação sazonal da taxa de ocupação em 2002

3.3 Caracterização da Costa

A implementação de um projecto de gás natural (GN) na RAM requer o conhecimento detalhado das costas da ilha da Madeira e Porto Santo. Esta análise assenta no conhecimento da agitação marítima, comunidade portuária e geografia costeira.

Os terminais de gás natural liquefeito (GNL) são preferencialmente instalados junto de comunidades portuárias estabelecidas, pela existência, à priori, de condições logísticas adequadas para a navegação, aproximação e atraque de navios de grande porte.

A construção de um porto dedicado afastado das comunidades portuárias deve apenas ser equacionada em caso impossibilidade de utilização ou ampliação de infra-estruturas existentes. No caso de ser essa a opção, deverão ser consideradas, prioritariamente, as zonas com condições naturais apropriadas e sem necessidade de grandes intervenções.

Em territórios continentais, podem ser considerados como localizações mais favoráveis, os estuários e as zonas a montante da foz de rios navegáveis por metaneiros. Nestes casos, de um modo geral, os portos dispensam molhes e protecções contra a rebentação.

A ilha da Madeira, no entanto, não dispõe de locais com estas condições. Neste caso, as baías constituem as melhores opções para a instalação de um Terminal de GNL. Quanto mais resguardadas forem as baías, mais adequadas se tornam para receber um porto com as características necessárias.

A costa da ilha da Madeira é predominantemente rochosa e com escarpas muito acentuadas, que se prolongam por distâncias consideráveis. Embora existam, ao longo da costa sul da ilha da Madeira, zonas de relevo menos acentuado, onde se localizam alguns centros urbanos e acessos ao mar, estas têm fortes restrições, designadamente pela sua importância para actividades de lazer e para o turismo, de que depende fortemente a economia regional. Alguns locais, como, por exemplo, as baías de Machico e de Câmara de Lobos, seriam, do ponto de vista técnico, soluções interessantes, no entanto, o interesse social, cultural e turístico destes locais afasta a hipótese de serem convertidos em Terminais Marítimos, sendo de considerar apenas a existência de pequenos cais para navios de recreio ou embarcações piscatórias devidamente enquadrados.

Desta forma, pode-se concluir, numa primeira análise, que a instalação de um terminal de GNL na ilha da Madeira deverá passar, prioritariamente, pela ampliação ou aproveitamento de instalações já existentes. Nesse sentido, apresenta-se de seguida um levantamento da comunidade portuária existente na Região Autónoma da Madeira (ilha da Madeira e ilha do Porto Santo).

3.3.1 Comunidade Portuária

De seguida, faz-se uma breve apresentação das infra-estruturas portuárias da Região Autónoma da Madeira.

Porto do Funchal

Serviços:
Combustíveis: capacidade horária de 600 t para gasóleo IFO 30 a IFO 380
Água potável: caudal horário de 100/120 t
Pilotagem: Obrigatória
Equipamento Portuário Terrestre: • 2 guindastes de via; • 10 empilhadores; • 1 tractor; • 2 semi reboques; • 1 auto grua;
Equipamento Portuário Marítimo: • 2 rebocadores; • 3 lanchas;

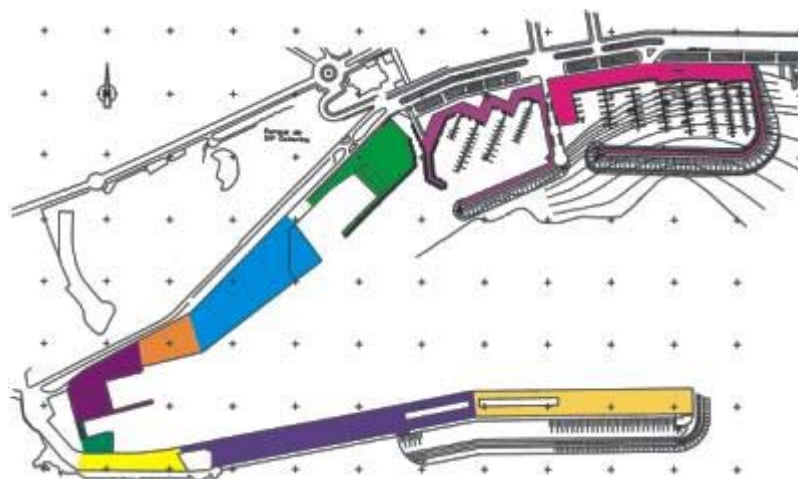



Figura 3.7 - Porto do Funchal

Zona Sul:
Cais 1: • Acostável; • Comprimento: 100m; • Fundos: -7,0m (ZH); • Destinado ao tráfego de passageiros e mercadorias regionais; • Rampa roll-on roll-off com 32 m de largura;
Cais 2: • Acostável; • Comprimento: 425m; • Fundos: -11,0m (ZH); • Destinado ao manuseamento de carga geral convencional e pontualmente à acostagem de cruzeiros;
Cais 3: • Acostável; • Comprimento: 347m; • Fundos: -11,0m (ZH); • Terraplenos: 32 000m2; • Destinado a cruzeiros, a carga geral contentorizada e pontualmente carga geral convencional;
Zona Norte:
Cais 4: • Acostável; • Comprimento: 100m; • Fundos: -4,0m (ZH); • Destinado à descarga de pescado;
Cais 5: • Acostável; • Comprimento: 95m; • Fundos: -6,0m (ZH); • Destinado a embarcações de serviço portuário;
Cais 6: • Acostável; • Comprimento: 260m; • Fundos: -7,0m (ZH); • Terrapleno: 18 500m2; • Destinado a carga geral contentorizada e pontualmente à acostagem de cruzeiros;
Marina: • Capacidade: 310 embarcações; • Serviços de apoio: lavandaria, instalações sanitárias e balneários, restaurantes, supermercado; • Rampa de varagem, travelift para alagem de embarcações até 25 t, instalações • de apoio oficinal; • Energia eléctrica e água fornecidas nos postos de amarração.

Porto de Porto Santo

Serviços:
Pilotagem: Obrigatória
Equipamento Portuário Terrestre: • 1 auto-grua; • 2 semi-reboques; • 1 tractor; • 5 empilhadores;
Equipamento Portuário Marítimo: • 1 lancha; • 2 rebocadores solicitados ao Porto do Funchal;

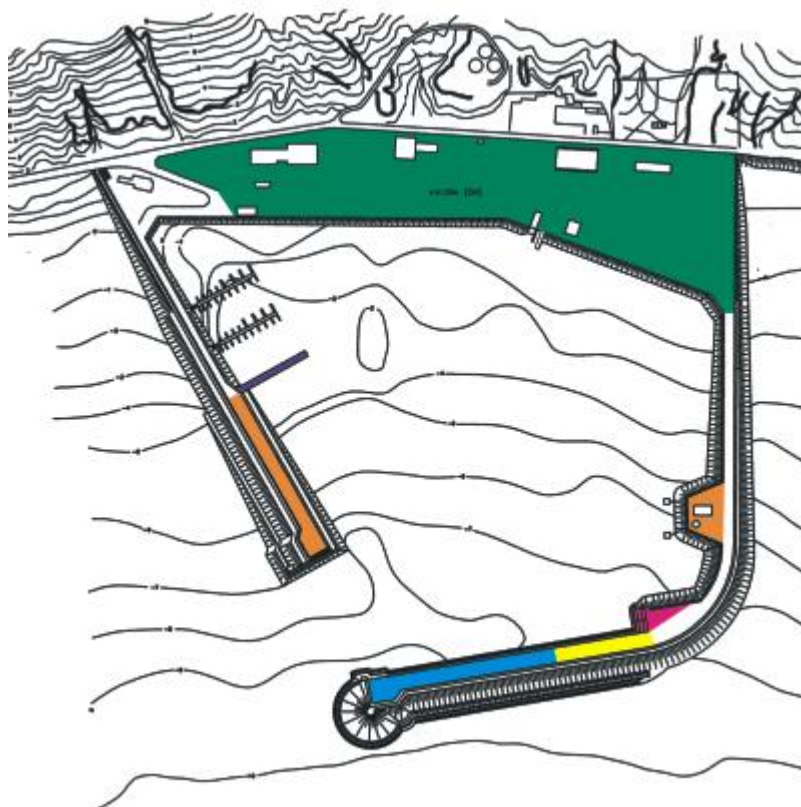



Figura 3.8 - Porto de Porto Santo

Molhe Principal:
Cais 1: • Acostável; • Comprimento: 195m; • Fundos: -7,0m (ZH); • Destinado a cruzeiros e pontualmente a carga geral contentorizada e graneis líquidos;
Cais 2: • Acostável; • Comprimento: 90m; • Fundos: -6,0m (ZH); • Destinado ao tráfego de passageiros e mercadorias regionais; • Terrapleno: 60 000m2; • Terminal cimenteiro destinado à descarga de graneis sólidos (cimento)Duque D'Alba; • Rampa roll-on roll-off com 25m de largura;
Contra Molhe:
Cais 3: • Acostável; • Comprimento: 200m; • Fundos: -4,0m (ZH); • Destinado a embarcações de tráfego local e marítimo turísticas, embarcações de recreio e de pesca;
Marina: • Capacidade: 70 embarcações; • Serviços de apoio: lavandaria, instalações sanitárias e balneários, instalações de apoio oficinal, estacionamento a seco (coberto e descoberto); • Travelift para alagem de embarcações até 35 t; • Rampa de varagem e empilhador de elevação negativa de 6 t.

Terminal Marítimo do Caniçal

Serviços:
Fornecimento de combustíveis: capacidade 100t/dia
Pilotagem: Obrigatória – Solicitação com 48 horas de antecedência;
Equipamento Portuário Terrestre: • 3 empilhadores; • 1 auto grua
Equipamento Marítimo: • 1 Lancha

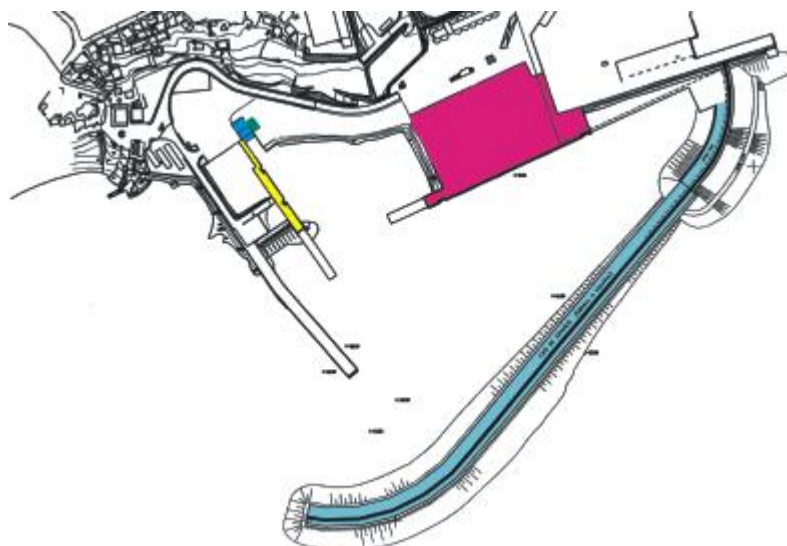



Figura 3.9 - Terminal Marítimo do Caniçal

Terminal de Contentores:
Cais 1: • Acostável; • Comprimento - 200m; • Fundos - 7,00m (ZH); • Terrapleno - 31 500m2; • Destinado à descarga de graneis sólidos e pontualmente à descarga de carga geral convencional e contentorizada;
Cais de Pesca:
Cais 2: • Comprimento - 80m; • Fundos - variáveis entre -5,0m (ZH) e -10,0m (ZH); • Destinado à descarga de pescado; • Rampa de Varagem; • Travelift para alagem de embarcações até 300 t.

Terminal do Porto Novo

Cais 1: • Acostável; • Comprimento: 100m; • Fundos: variáveis entre -5,om(Zh) e -11,om (ZH); • Terrapleno: 1050m2; • Destinado à descarga de granéis sólidos (inertes).

Terminal dos Socorridos

- Terminal cimenteiro Duque D'Alba com fundos a -8,5m(ZH);
- Pilotagem obrigatória;
- Destinado à descarga de granéis sólidos (cimento).

Terminal da Praia Formosa

- Terminal de combustíveis;
- Bóias de amarração com fundos a -13,om(ZH);
- Pilotagem obrigatória;
- Destinado à descarga de granéis líquidos (derivados do petróleo).

Cais de Câmara de Lobos

Cais 1:
- Acostável;
- Comprimento: 40 m;
- Fundos: variáveis entre -4,om(ZH) e -5,0m(ZH);
- Destinado a embarcações de pesca, marítimo turísticas e recreio

Cais da Ribeira Brava

Cais 1:
- Acostável;
- Comprimento: 50m;
- Fundos: variáveis entre - 2,0m(ZH) e -6,0m(ZH);
- Destinado a embarcações de pesca, marítimo turísticas, de recreio e descarga de granéis sólidos (inertes)

Cais 2:
- Acostável;
- Comprimento: 50m;
- Fundos: variáveis entre -6,0m(ZH) e -8,0m(ZH);
- Terrapleno: 1 270m2;
- Destinado a embarcações de pesca, marítimo turísticas, de recreio e descarga de granéis sólidos (inertes)

Cais de Machico

Cais 1:
- Comprimento: 90m;
- Fundos: variáveis entre -1,0m(ZH) e -7,0m(ZH);
- Destinado a embarcações de tráfego local de pesca , recreio e marítimo turísticas

Cais da Calheta

Cais 1: • Comprimento: 80m; • Fundos: variáveis entre -1,0m (ZH) e 5,0m(ZH); • Destinado a embarcações de pesca, marítimo turísticas e de recreios.
Cais 2: • Comprimento: 89m; • Fundos: variáveis entre -5,om (ZH) e -6,om(ZH); • Destinado a embarcações de pesca, marítimo turísticas e de recreios.

Da análise das infra-estruturas da Comunidade Portuária da RAM, e no que concerne o propósito deste trabalho, conclui-se que a utilização dos Portos Comerciais da RAM existentes para a implementação de um Terminal de GNL não é viável.

A impossibilidade de utilização do Porto do Funchal fica a dever-se ao facto de este se localizar no centro da cidade, não existindo 'on-shore' espaço físico que permita a construção das infra-estruturas de armazenagem e regaseificação do GNL. A possibilidade de construção de uma plataforma na extremidade da Zona Sul do Porto do Funchal não salvaguarda a distância de segurança necessária em relação à cidade.

A ampliação da infra-estrutura da Praia Formosa não permite, do ponto de vista técnico, servir para a acostagem e trasfega de metaneiros, devido à rigidez estrutural das tubagens criogénicas que descarregam o GNL. Acresce que se encontra em curso a implementação de um importante projecto estruturante para requalificação urbana e ambiental desta zona, que inclui a transferência das infra-estruturas de recepção e armazenagem de produtos petrolíferos para o novo Centro Logístico de Combustíveis do Caniçal.

A utilização dos Cais da Câmara de Lobos, Calheta, Ribeira Brava e Machico apresenta, para além de constrangimentos de ordem técnica relacionados com a profundidades das águas e espaço físico, constrangimentos económicos, sociais e ambientais em virtude da ocupação urbana e da importância turística desses locais. A utilização do Porto Comercial de Porto Santo não faz sentido, uma vez que a grande parte do consumo se localiza na ilha da Madeira.

As infra-estruturas portuárias que melhor se adequam à implementação do Terminal de GNL são as do Caniçal e dos Socorridos. No entanto, atendendo às dimensões dos metaneiros, tanto o Terminal Marítimo do Caniçal como o dos Socorridos teriam que sofrer grandes intervenções para ampliar a sua capacidade e os adequar aos fins pretendidos.

3.3.2 Agitação marítima

A análise da costa da Madeira deverá também incluir o conhecimento da agitação marítima, considerando a altura, período e orientação da ondulação.

O conhecimento da altura das ondas determina a necessidade de proteger o 'jetty', através da construção de molhes. Os gráficos das figuras seguintes caracterizam a altura da ondulação no Funchal e Caniçal.

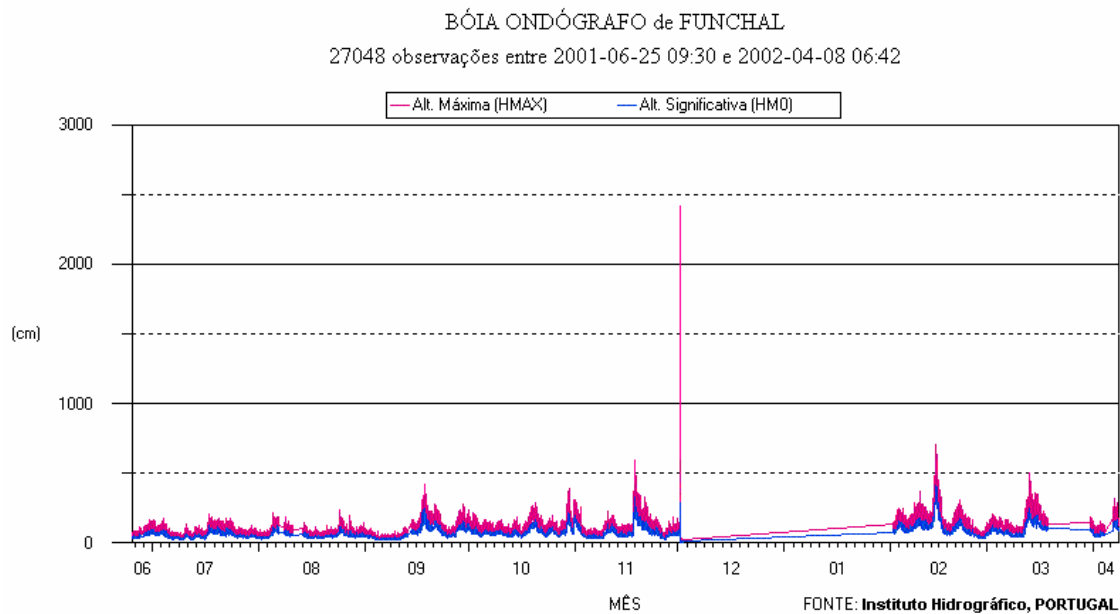



Gráfico 3.5 - Altura da ondulação - Funchal

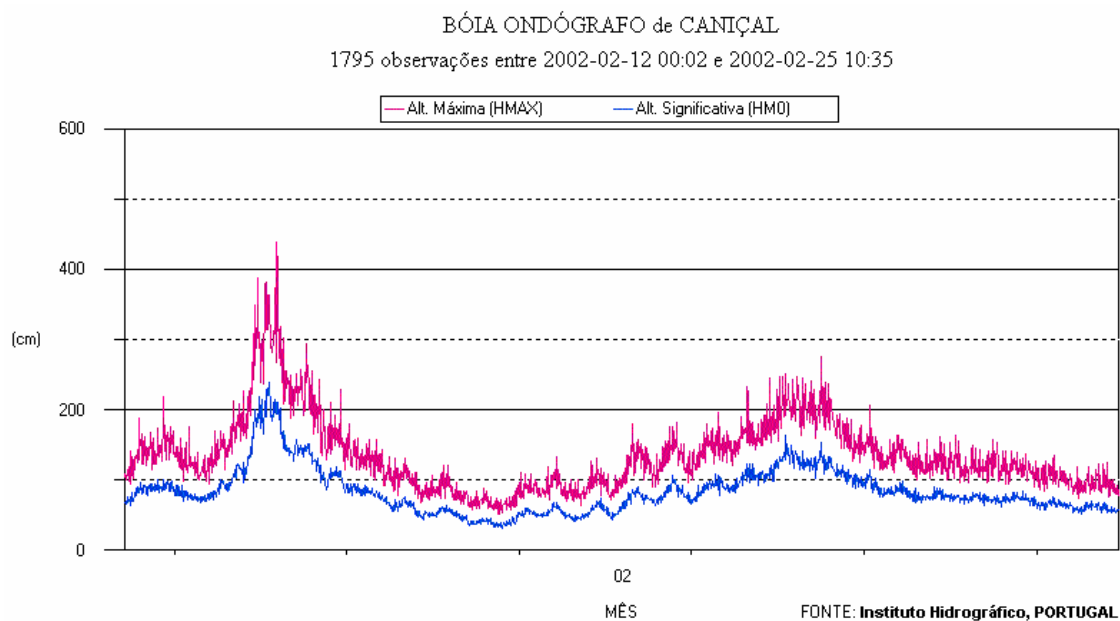



Gráfico 3.6 - Altura da ondulação - Caniçal

Os dados sobre o período de ondulação permitem determinar o desgaste que os molhes sofrem face à rebentação. Os gráficos das figuras seguintes apresentam o período de ondulação no Funchal e Caniçal.

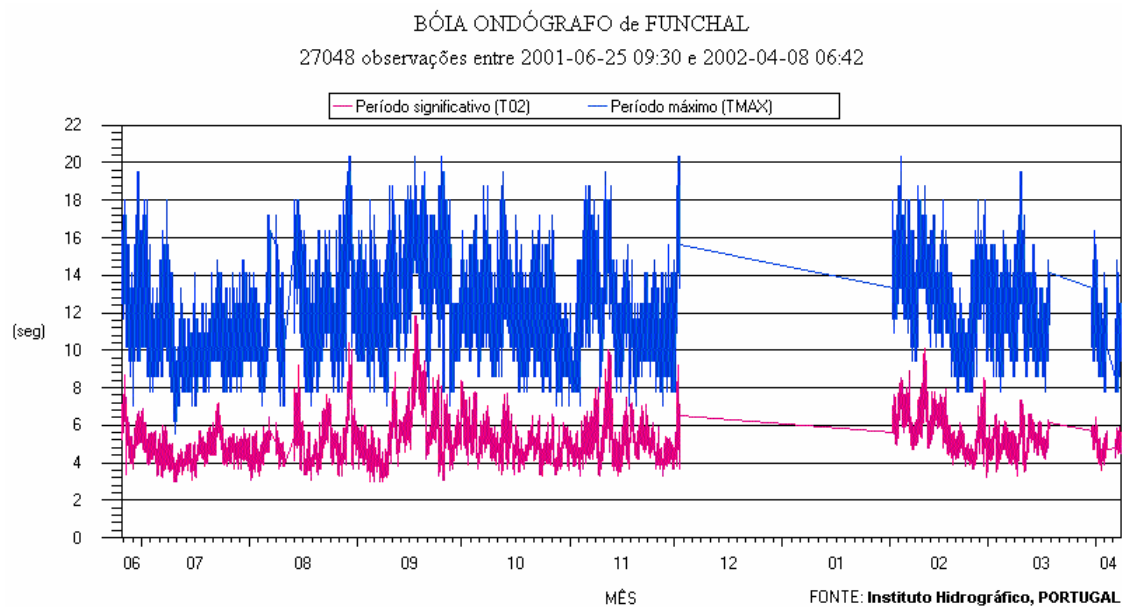



Gráfico 3.7 - Período de ondulação -Funchal

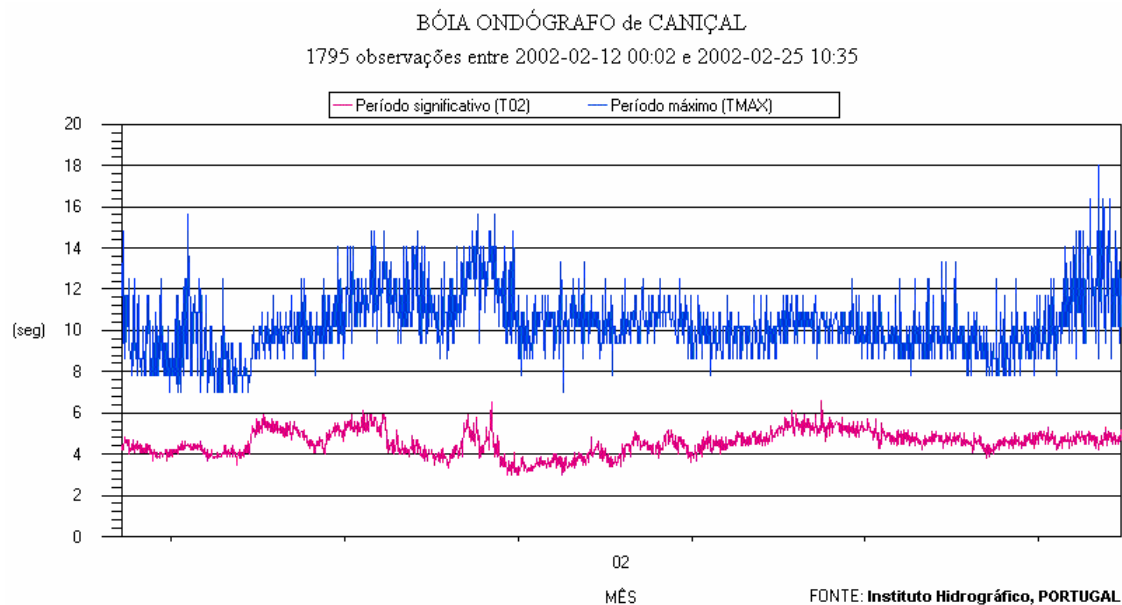



Gráfico 3.8 - Período de ondulação -Caniçal

A informação sobre a direcção da ondulação é importante para projectar a orientação dos molhes de protecção dos portos. Os gráficos das figuras seguintes indicam a direcção das ondas para o Funchal e Caniçal.

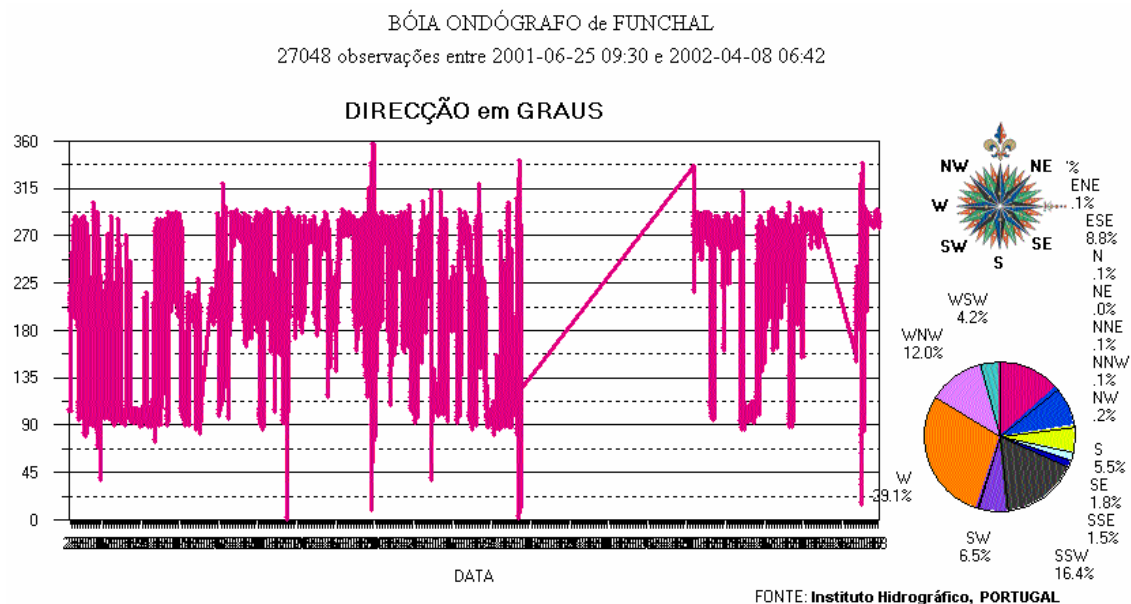



Gráfico 3.9 - Direcção da ondulação - Funchal

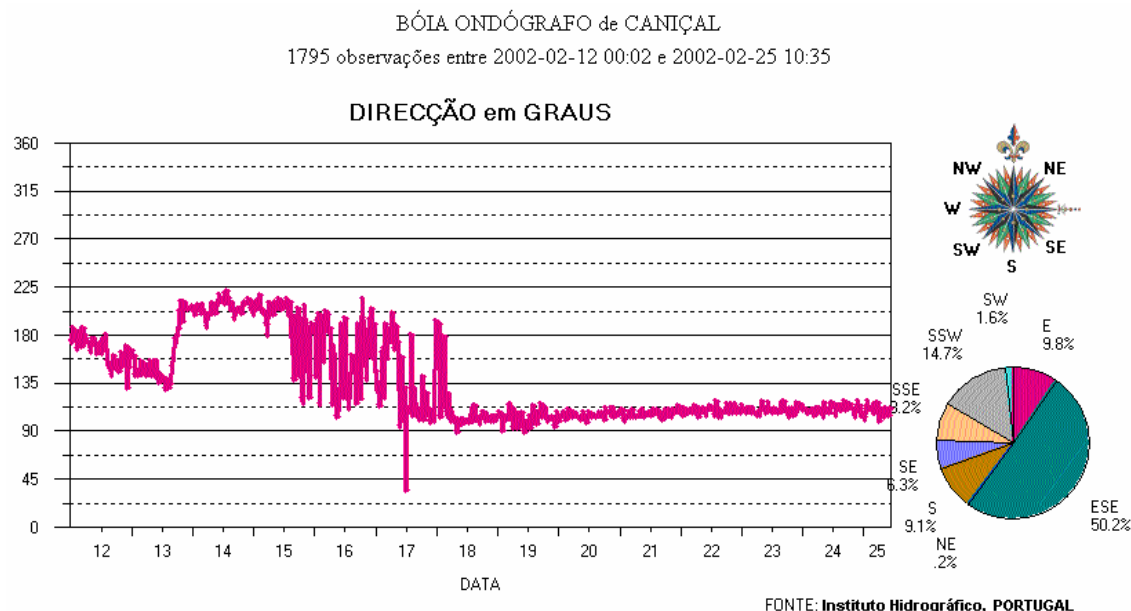



Gráfico 3.10 - Direcção da ondulação - Caniçal

Os dados disponíveis sobre a agitação marítima na RAM são obtidos, através do Instituto Hidrográfico, a partir das leituras das bóias colocadas no Funchal e Caniçal.

Relativamente aos dados recolhidos pela bóia do Funchal, realça-se que, no período analisado, verificou-se que altura da ondulação varia entre 1 a 3 metros. Foram observados 5 picos, dos quais, só em dois deles a altura da ondulação foi superior a 5 metros. A ocorrência de ondulação forte, embora não muito frequente, obriga a que a zona de atraque de um terminal de GNL deva estar protegida.

Na RAM, face à dependência do exterior e à necessidade de assegurar o aprovisionamento da energia, em princípio, será necessário prever protecções por molhes do Terminal de GNL, analogamente às que existem no Porto Comercial do Funchal, e no Terminal Marítimo do Caniçal.

3.3.3 Áreas Possíveis para a Construção de um Terminal de GNL na Madeira

Face à caracterização anteriormente efectuada da costa, das infra-estruturas portuárias existentes e da agitação marítima, as alternativas para uma eventual construção de um terminal de GNL são extremamente reduzidas na RAM.

Com efeito, no que concerne a locais possíveis para a construção de um terminal de Gás Natural Liquefeito (GNL), atendendo à área de construção necessária para assegurar as condições de recepção e armazenamento, bem como às características da ilha e ao seu povoamento, incluindo a localização de actividades potenciais utilizadoras de gás natural, após análise de diversos factores, conclui-se que apenas existem dois locais com condições adequadas para serem seleccionados: o Terminal Marítimo do Caniçal e o Terminal dos Socorridos.

Terminal Marítimo do Caniçal

O Terminal Marítimo do Caniçal, em desenvolvimento, alberga já a recepção de cimento, uma zona de desembarque de pescado e a reparação naval. No próximo ano, esta infra-estrutura portuária ficará terminada com a finalização do terminal de contentores, que será transferido do porto do Funchal para o Caniçal, destinando-se o porto do Funchal para a sua vocação de porto de passageiros, designadamente para navios de cruzeiros. Adjacente às instalações portuárias do Caniçal existe um conjunto de potenciais consumidores de GNL, que poderão servir de âncora para o lançamento do mercado. Em particular, encontra-se instalada uma central termoeléctrica privada com uma potência actual de 20 MW, bem como uma zona industrial com alguma expressão.

Embora não tenha sido projectado para receber GNL, existem algumas possibilidades de receber metaneiros de pequena-média dimensão, com a realização de trabalhos adicionais de dragagens e construção de facilidades portuárias adicionais de relativamente baixo custo.

Terminal dos Socorridos

O actual Terminal dos Socorridos recebe navios cimenteiros até 6 000 toneladas, sendo constituído, na parte marítima, por:

Dois duques d'alba (DD) de gravidade com a dimensão em planta de 15,6 x 8,7 m^2, instalados em profundidades ZH da ordem de 8 m, sem qualquer ligação entre si, que terão sido concebidos e dimensionados para realizar as funções de acostagem e de amarração de navios;

Três bóias de amarração, uma a poente dos DD, as outras duas a nascente;

Uma ponte de ligação a terra do DD poente, com funções de suporte das condutas de transporte pneumático de cimento e de aceso pedonal.

Actualmente os maiores navios que frequentam o terminal têm um deslocamento de 6 000 toneladas e as seguintes características dimensionais:

Comprimento fora a fora: Lff = 110 m

Calado: C = 7 m

Boca: B = 15 m.

A experiência de exploração dos últimos anos evidencia uma taxa de ocupação bastante baixa, o que é particularmente significativo num terminal especializado, com chegada programada ou programável dos navios. Assim, e como exemplo, em1996 traduziu-se em apenas 138 dias de ocupação (117 dias perdidos), e isto não por falta de navios, mas por dificuldades de operação do terminal; de facto, foi frequente o estacionamento dos navios "em espera" dentro do porto do Funchal, ou o seu desvio para o terminal do Caniçal.

A razão básica das dificuldades de operação é obviamente a falta de abrigo do terminal. Agravam esta situação, ou pelo menos não minimizam os seus inconvenientes, razões ligadas à infra-estrutura de acostagem e amarração.

Em primeiro lugar, o alinhamento definido pelas faces dos DD, praticamente paralelo à costa, deixa o navio acostado em posição transversal à maior parte das ondas que o atingem. Em segundo lugar, a falta de um sistema de defensas adequado à situação específica deste terminal obriga, por um lado, a tomar especiais cautelas (e a aceitar demoras) na manobra de acostagem e, por outro, a evitar o contacto com a infra-estrutura fixa, quando estacionado. Ainda, pela mesma razão, numa situação de agravamento progressivo das condições "de mar", o navio é compelido a interromper a operação de descarga e a largar do terminal para alturas de onda inferiores àquelas que suportaria se pudesse, sem receio de danos, tocar ou encostar aos DD.

Apesar das importantes limitações atrás referidas sobre a operacionalidade actual e capacidade de recepção, em termos de tonelagem dos navios, o certo é que o Caniçal e os Socorridos são os únicos dois locais para os quais vale a pena equacionar e aprofundar estudos para a recepção e armazenamento de gás natural na Madeira.

O conhecimento sobre o mercado na proximidade destes dois locais determinam, inequivocamente, que os Socorridos seja o local mais bem colocado para a criação do terminal de GNL na Madeira.

Isto, em primeiro lugar, porque junto ao actual terminal cimenteiro se localiza a mais importante central termoeléctrica da ilha, a Central da Vitória, cerca de sete vezes maior do que a central termoeléctrica do Caniçal, e dispõe, aparentemente, de condições adequadas para a sua expansão, incluindo a inserção de grupos de ciclo combinado, enquanto a vida útil dos actuais grupos semi-rápidos a fuelóleo se justificar, o que deverá verificar-se, ainda, durante um horizonte temporal bastante alargado.

Em segundo lugar, também junto ao terminal cimenteiro dos Socorridos, próximo da central termoeléctrica da Vitória, situa-se o Parque Empresarial da Zona Oeste (PEZO), no qual existem algumas unidades industriais de dimensão considerável, importantes consumidoras de energia, que poderão, facilmente, ser reconvertidas para o consumo de gás natural. Entre outras, pode referir-se a Empresa de Cervejas da Madeira, que é uma unidade industrial de dimensão significativa. Está, ainda, prevista a transferência do porto de pesca do Funchal para os Socorridos, o que implicará necessidades de frio industrial significativas.

Finalmente, é de sublinhar que no eixo Socorridos-Funchal, numa distância de cerca de 7 quilómetros, se localiza uma significativa percentagem da capacidade hoteleira existente na Madeira, que é, potencialmente, um importante sector consumidor de gás natural, estando, ainda, projectada a construção de novas unidades hoteleiras, bem como de importantes zonas residenciais e comerciais, algumas das quais já em fase de construção. Com efeito, no referido eixo ao

longo da costa, acompanhando a Estrada Monumental, os hotéis existentes têm um total de 6 871 quartos, equivalentes a 13 856 camas, o que representa mais de 50% da capacidade hoteleira instalada na Ilha da Madeira, com um consumo total superior a 11 000 toneladas equivalentes de petróleo (tep), apenas para arrefecimento ambiente e para aquecimento de águas.

Face às condições objectivas de mercado, que determinam a zona dos Socorridos como a mais indicada para a recepção do GNL, interessa analisar em estudos aprofundados as possibilidades de acomodar a recepção do GNL e as instalações de regaseificação e de armazenagem, na área adjacente ao actual terminal cimenteiro.

Acrescenta-se que foram já estabelecidos contactos com entidades governamentais da Região Autónoma da Madeira, configurando-se a possibilidade de estudar a construção de instalações portuárias, de recepção e armazenagem, multiusos, designadamente para o cimento, já existente, e o gás natural, motivo deste trabalho, a que se poderá acrescentar os granéis em geral e um porto de pesca, com instalações industriais de tratamento do pescado.

Nesta hipótese, fortemente impulsionada pela possibilidade da construção das infra-estruturas para a recepção do GNL, o porto do Funchal asseguraria a sua vocação de porto turístico, particularmente para o mercado, fortemente crescente, dos navios de cruzeiro e iates, e o porto do Caniçal a recepção da carga contentorizada que entra na Madeira, que ronda os 1 600 contentores semanais, entre entradas e saídas, bem como a recepção dos derivados de petróleo para o novo Centro Logístico de Combustíveis (CLC) e de parte do cimento consumido na Região para as instalações de armazenagem, já existentes na Zona Franca Industrial do Caniçal.

Na figura seguinte, apresenta-se a batimetria junto à foz da Ribeira dos Socorridos (Vitória), onde se localiza o actual Terminal dos Socorridos, e onde se antevê a possibilidade mais consistente de instalação de uma infra-estrutura de recepção de GNL na Madeira.

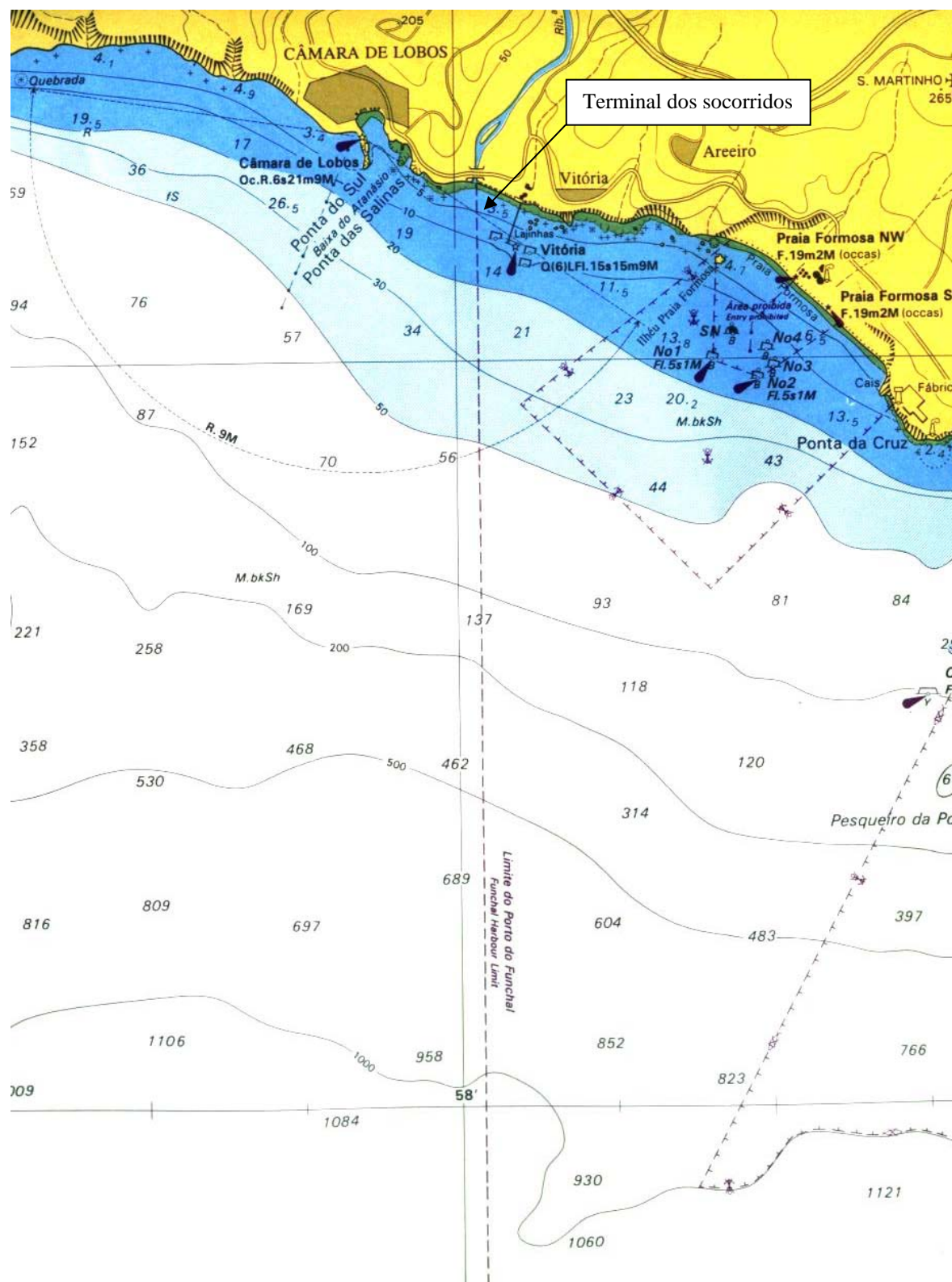



Fig. 3.10 - Carta batimétrica junto ao Terminal dos Socorridos

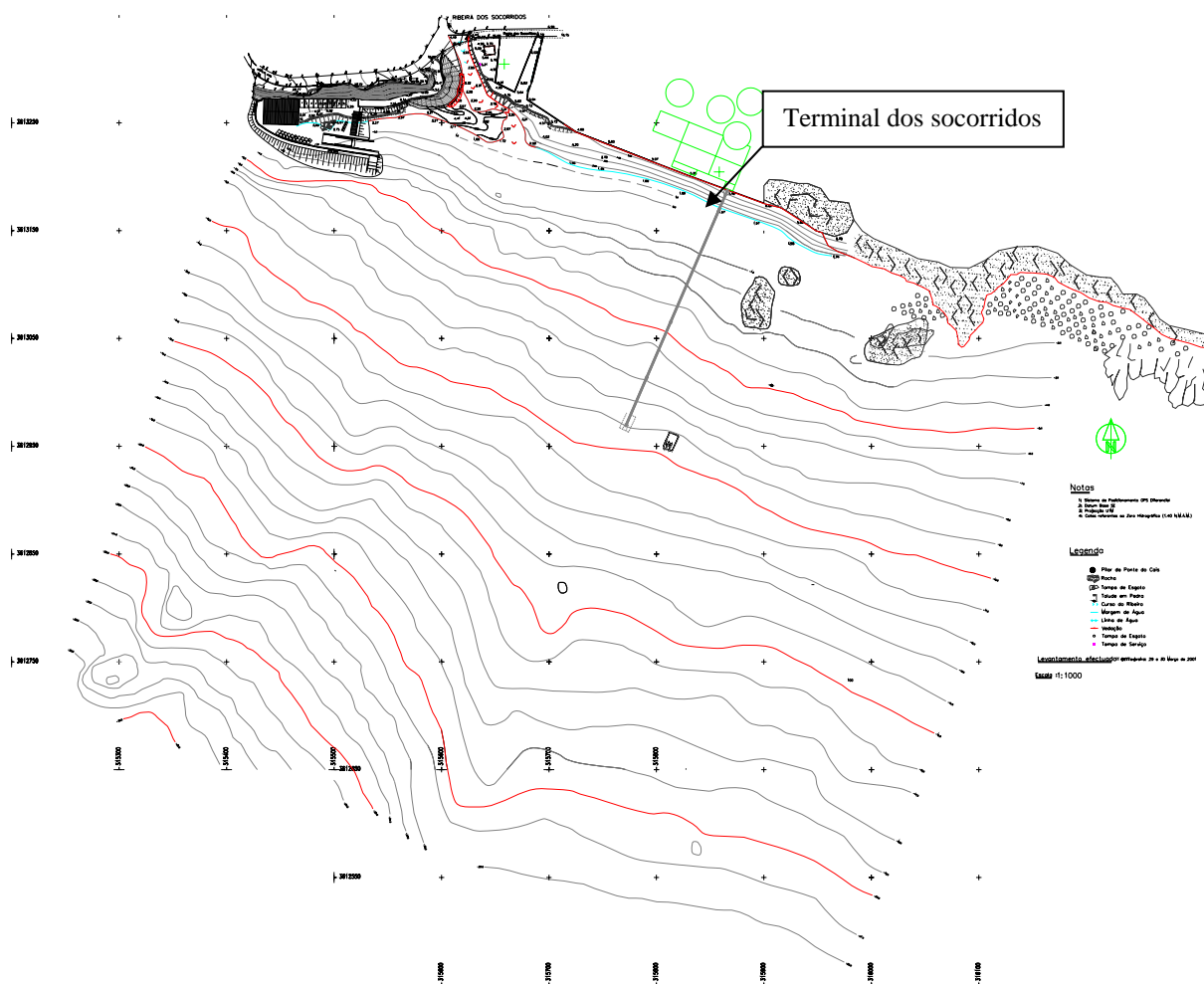



Fig. 3.11 - Batimetria detalhada junto ao Terminal dos Socorridos

3.4 Caracterização do Sector Energético na Região Autónoma da Madeira

A procura de energia primária na Região Autónoma da Madeira (RAM) é maioritariamente constituída pelos produtos petrolíferos, cuja importação, em 2000, atingiu os 298 027 tep, assumindo uma parcela de 93,1% da energia primária consumida. Os restantes 7%, provieram de aproveitamentos energéticos endógenos.

Da parcela de 298 027 tep referentes aos consumo de produtos petrolíferos 110 778 tep são destinados à produção termoeléctrica, representando 37,1% do valor global. Este consumo assume especial importância dada a apetência do GN para a produção eléctrica em centrais termoeléctricas de ciclo combinado, com grandes vantagens técnicas, económicas e ambientais. A parcela de energia primária referente aos produtos petrolíferos utilizados na produção eléctrica representa aproximadamente 35% de todo o consumo primário de energia da RAM.

	2000 [tep]	REPARTIÇÃO [%]
Produtos Petrolíferos	298 027	93,1
Fuelóleo	117 890	36,9
Gasóleo	91 858	28,5
Gasolina	47 267	14,8
GPL	26 593	8,3
Jet A1	14 419	4,5
Renováveis	21 975	6,9
Biomassa	12 066	2,4
Hídrica	7 826	0,3
Solar	1 064	3,8
Eólica	1 019	0,5
Total	320 002	100,0

Fonte: AREAM

Quadro 3.15 – Procura de energia primária na RAM

A análise do Quadro 3.16 permite concluir que dos produtos petrolíferos utilizados na produção termoeléctrica o Fuelóleo assume um peso relativo fundamental traduzindo-se em 99,4% do total. A totalidade da produção eléctrica na RAM é completada pela contribuição das renováveis (hídrica e eólica).

	Procura para produção de Energia Eléctrica [tep]	Procura para Consumo Final [tep]	Total [tep]
Produtos Petrolíferos	110 778	187 249	298 027
Fuelóleo	110 152	7 738	117 890
Gasóleo	626	91 232	91 858
Gasolina	---	47 267	47 267
GPL	---	26 593	26 593
Jet A1	---	14 419	14 419
Recursos Regionais	8 845	13 130	21 975
Biomassa	---	12 066	12 066
Hídrica	7 826	---	7 826
Eólica	1 019	---	1 018
Solar	---	1 064	1 064
Total	119 623	200 379	320 002

Fonte: AREAM

Quadro 3.16 – Procura de energia final na RAM

O Quadro 3.17 representa a procura de energia final na RAM, podendo ser obtido através dos Quadros 3.15 e 3.16 atendendo ao rendimento global de conversão termoeléctrico de 41,3%. É interessante constatar que a parcela das renováveis na procura final de energia eléctrica é de 16,2%, sendo que na procura primária para produção eléctrica a mesma parcela representa apenas 7,4%. Refira-se no entanto que este valor poderia ser da ordem de 10% caso a produção eléctrica se desse em centrais termoeléctricas de ciclo combinado queimando GN, em virtude do maior rendimento associado ao processo de produção.

	2000 [tep]	REPARTIÇÃO [%]
Produtos Petrolíferos	187 249	73,4
Fuelóleo	7 738	3,0
Gasóleo	91 232	35,8
Gasolina	47 267	18,5
GPL	26 593	10,4
Jet A1	14 419	5,7
Renováveis	13 130	5,1
Biomassa	12 066	4,7
Solar	1 064	0,4
Energia eléctrica	54 582	21,4
Térmica	45 737	17,9
Hídrica	7 826	3,1
Eólica	1 019	0,4
Total	254 961	100,0

Fonte: AREAM

Quadro 3.17 – Procura de energia final na RAM

No ano de 2000, eficiência energética, desde a sua forma primária até à sua forma final, foi na ordem dos 80%, valor superior ao registado em 1991, ano em que a eficiência energética foi de 77%. Este aumento na eficiência global da energia deveu-se ao melhoramento do rendimento da produção térmica, que passou de 38,6%, em 1991, para 41,3%, em 2000, apesar desta componente energética crescer de ano para ano.

A análise do sector energético da RAM deverá assentar nos dados de procura final de energia na RAM, uma vez que estes consumos estão directamente ligados a aplicações especificas que determinam a possibilidade de conversão das fontes energéticas actualmente utilizadas para GN.

Recordando a abordagem do subcaputulo 2.7 interessa caracterizar os consumos de produtos petrolíferos no qual a energia final resulta da sua queima enquanto combustível. Esta parcela corresponde a 187 249 tep e excluí, naturalmente, a produção eléctrica uma vez que o seu consumo energético final não é na maioria dos casos convertível para GN.

A caracterização do mercado eléctrico incluindo a infra-estrutura de produção será abordado separadamente dado a relevância que assume para a viabilidade de implementação do projecto de GN.

No que respeita às renováveis far-se-á uma pequena abordagem ao consumo de biomassa, atendendo ao facto de a sua conversão poder-se-ia traduzir em algumas vantagens no que respeita às emissões de CO_2. Convém no entanto salientar que, se tratando de um recurso regional, a sua substituição por uma fonte energética importada acarreta alguns reflexos económicos adversos.

Ainda em termos da caracterização energética interessa analisar alguns consumos específicos de electricidade, como sejam a climatização e frio industrial no sentido de aquilatar sobre a possibilidade de optimização desses processos obstando algum consumo eléctrico, recorrendo por exemplo ao aproveitamento do frio do GNL.

3.4.1 Procura para Consumo Final de Produtos Petrolíferos

No presente subcapitulo far-se-á a abordagem dos consumos de produtos petrolíferos, reservando algum detalhe para o Fuelóleo, os Gases de Petróleo Liquefeito (GPL) e o Gasóleo. Os dois primeiros são utilizados em aplicações onde tecnicamente a conversão para GN é favorável.

O consumo gasóleo também é passível de ser convertido para GN. Contudo, as vantagens tecnológicas que se conhecem são contrapostas com constrangimentos derivados do facto de as tecnologias de GN serem ainda recentes e pouco vantajosas do ponto de vista económico.

- Fuelóleo

O consumo de Fuelóleo está maioritariamente ligado à produção eléctrica, representando 93,4% do total. No entanto de acordo com os dados do PPERAM distinguem-se alguns sectores com consumos interessantes.

A Hotelaria consome cerca de 72% do Fuelóleo remanescente não consumido termoelectricamente. As principais aplicações são caldeiras e geradores de vapor utilizados para aquecimento de águas sanitárias e aquecimento central e grupos electrogéneos de emergência.

O sector industrial consome 1 420 tep (18% do Fuel não consumido na produção eléctrica), essencialmente em caldeiras e geradores de vapor.

	2000 [tep]	REPARTIÇÃO [%]
Agricultura, Pecuária e Pesca	---	0,0
Indústria	1 420	1,2
Construção e Obras Públicas	---	0,0
Hotelaria	5 544	4,7
Transportes	---	0,0
Serviços	774	0,7
Comércio e Restauração	306	0,3
Serviços Públicos	468	0,4
Iluminação Pública	---	0,0
Doméstico	---	0,0
Produção Eléctrica	110 152	93,4
Total	117 890	100,0

Fonte: AREAM

Quadro 3.18 – Consumo de Fuel por Sectores

A ultima parcela do consumo de fuelóleo diz respeito a sector dos Serviços com 774 tep. Este valor representa 10% do Fuel não consumido termoelectricamente, estando repartido por subsectores de 'Comercio e Restauração' e 'Serviços Públicos'. No Comercio e Restauração as aplicações são fundamentalmente caldeiras para aquecimento de águas. Nos serviços Públicos destacam-se sobretudo os três Hospitais Distritais que são sempre dotados de redes de vapor e Grupos Electrogéneos de emergência.

Os consumos de Fuelóleo na RAM em aplicações distintas da produção termoeléctrica, resumem-se fundamentalmente a caldeiras, geradores de vapor, grupos electrogéneos. Estas aplicações podem ser convertidas para GN com vantagens claras tanto técnicas como económicas, como já havia sido referido no subcapitulo 2.7.

- Gasóleo

O peso relativo do Gasóleo na produção termoeléctrica é muito baixo, sobretudo quando comparado ao Fuel. A sua utilização cinge-se aos grupos 3 e 4 instalados na Central Termoeléctrica do Porto Santo.

A aplicação principal do consumo de gasóleo na RAM é como combustível para motores de combustão interna. Assim surge como principal consumidor o sector dos Transportes com 85% do consumo total.

O segundo sector de maior consumo de gasóleo é o da Construção e Obras Públicas com 8,4% do consumo total. Este consumo está associado à mecanização do sector, recorrendo a maquinaria pesada como sejam 'Bulldozers', Retro-escavadoras, Gruas, Camiões, Geradores Eléctricos, etc.

O sector primário (agricultura, pecuária e pesca) consome 2 476 tep de gasóleo, o que corresponde a 2,7% do consumo total. Este consumo deve-se a utilização de máquinas agrícolas (tractores e motocultivadores principalmente) e à motorização da frota pesqueira (255 embarcações a motor em 1998).

O consumo de gasóleo nos restantes sectores não chega a 4% do total, tendo como utilizações na sua maioria motorizações diversas, sendo a mais vulgar os motores de pequenos grupos geradores. Existem ainda algumas aplicações do gasóleo no aquecimento de águas sanitárias em especial nos Serviços Públicos (estabelecimentos de saúde, de educação e desportivos).

	2000 **[tep]**	REPARTIÇÃO **[%]**
Agricultura, Pecuária e Pesca	2 476	2,7
Indústria	920	1,0
Construção e Obras Públicas	7 743	8,4
Hotelaria	75	0,1
Transportes	78 218	85,1
Serviços	1 799	2,0
Comércio e Restauração	190	0,2
Serviços Públicos	1 609	1,8
Iluminação Pública	---	0,0
Doméstico	---	0,0
Produção Eléctrica	626	0,7
Total	91 858	100,0

Fonte: AREAM

Quadro 3.19 – Consumo de Gasóleo por Sectores

Na sua maioria as aplicações do gasóleo são em equipamentos motorizados, automoviveis ou transportáveis, o que se entende dada a sua facilidade de armazenagem e manuseamento.

A conversão dos consumos de gasóleo para GN é, pelo menos no domínio teórico, viável. A queima de GN em motores de combustão interna é tecnicamente viável, no entanto, a sua utilização em veículos é condicionada pela sua dificuldade de armazenagem em recipientes.

Quer se trate de GNC ou GNL (ver subcapitulo 2.7.3), estas aplicações a veículos de transporte rodoviário são ainda relativamente recentes, havendo uma grande escassez de postos de abastecimento. Contudo, a variedade de veículos rodoviários movidos a GN já existentes permite criar expectativas no que respeita ao desenvolvimento destas tecnologias.

Ainda no domínio dos transportes devem ser realçados os progressos recentes na propulsão de embarcações marítimas a GN.

- Gases de Petróleo Liquefeito - GPL

A utilização do GPL tem a sua maior expressão no sector doméstico, na hotelaria e nos serviços. Estes sectores representam uma parcela de 96,4% do consumo global.

No sector doméstico, hoteleiro e serviços as principais aplicações dos GPL são na concepção de alimentos e no aquecimento de águas sanitárias, havendo ainda alguma utilização para aquecimento ambiente.

Os usos dos GPL no sector industrial podem ser os mais diversos, tendo sido enumerados no subcapitulo 2.7.2. O peso relativo do consumo de GPL na industria representa apenas 2,1% do seu consumo total na RAM.

	2000 **[tep]**	REPARTIÇÃO **[%]**
Agricultura, Pecuária e Pesca	194	0,7
Indústria	571	2,1
Construção e Obras Públicas	194	0,7
Hotelaria	4 296	16,1
Transportes	---	0,0
Serviços	3 463	12,9
Comércio e Restauração	2 647	9,9
Serviços Públicos	816	3,1
Iluminação Pública	---	0,0
Doméstico	18 016	67,4
Produção Eléctrica	---	0,0
Total	26 734	100,0

Fonte: AREAM

Quadro 3.20 – Consumo de GPL por Sectores

O consumo de GPL num determinado aparelho de queima é passível de ser convertido para GN sem grandes dificuldades, bastando para isso na maior parte dos casos alterar os injectores. No entanto, o aprovisionamento do GPL é bastante mais versátil que o do GN, isto é, o fornecimento de GPL por garrafas permite abastecer zonas onde a construção de redes canalizadas de GN não é economicamente viável. Da mesma forma é mais prático operar pequenos equipamentos transportáveis, como por exemplo maçaricos, abastecendo-os por garrafas de GPL.

A informação que retiramos do Quadro 3.20 é pouco precisa, uma vez que não distingue o tipo de gás (propano do butano) e o tipo de distribuição (garrafas, granel ou canalizado). Esta informação é de grande importância uma vez que permite identificar o tipo de cliente.

O Quadro 3.21 reúne a informação relativa ao mercado de GPL para o ano de 2000 e o Quadro 3.22 dá a evolução do mercado de GPL nos últimos 4 anos individualizando o tipo de gás e distribuição.

Vendas Mensais de GPL – 2000

	Unid.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
Butano														
Garrafas	Ton.	1.035	1.039	1.165	992	1.100	996	975	963	883	997	1.079	1.071	12.285
Granel	Ton.	1	0	13	19	0	0	1	2	1	1	1	1	40
Propano														
Garrafas	Ton	338	307	333	273	333	291	263	273	251	282	306	300	3.550
Granel	Ton	576	623	616	547	595	503	452	473	432	522	575	596	6.510
Canalizado	Ton	91	85	98	78	83	79	65	51	67	71	80	77	936
Autogás	Ton	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Quadro 3.21 Fonte: APGPL

Vendas de GPL

	Unid.	1998	1999	2000	2001
Butano	Ton	12.046	12.474	12.325	11.990
Garrafas	Ton.	11.978	12.232	12.285	11.868
Granel	Ton.	68	242	40	122
Propano	Ton	8.296	9.298	10.996	12.116
Garrafas	Ton	2.948	3.280	3.550	3.695
Granel	Ton	4.582	5.162	6.510	7.518
Canalizado	Ton	766	856	936	903
Autogás	Ton	0	0	0	0
Total	Ton	20.342	21.772	23.321	24.106

Quadro 3.22 Fonte: APGPL

A análise do Quadro 3.22 permite conclui que o consumo de Butano em garrafas têm-se mantido mais ou menos constante, verificando-se uma oscilação de 3,4% entre o consumo máximo e o mínimo registados em 2000 e 2001 respectivamente. O consumo de Butano a granel tem a sua expressão máxima em 1999, ano em que representa 1,8% do consumo global de Butano. O facto de haver pouco consumo de Butano a granel não será de estranhar uma vez que pelas suas características, e pelo enquadramento legal em vigor em Portugal, o seu uso está normalmente relacionado com os consumidores domésticos e pequenos terciários que pelas características das suas edificações têm de armazenar o gás dentro de casa.

Contrariamente ao Butano o Propano não pode ser armazenado dentro das casas, sendo que os postos de garrafas têm que ser obrigatoriamente no exterior. Registou-se nos últimos anos um incremento significativo do consumo de propano, em especial no propano a granel. Esta forma de distribuição é adequada para hotéis, escolas, industrias, etc, com consumos significativos. No ano de 2001 a distribuição de Propano a granel representava cerca de 62% de todo o consumo de Propano. De todos os tipos de distribuição de gás, o Propano a granel foi o que mais se desenvolveu nos últimos 4 anos, aproximadamente 64%.

Relativamente aos consumos de gasolinas e Jet A1 na RAM a sua utilização está exclusivamente relacionada com o sector dos transportes respectivamente rodoviário e aério.

3.4.2 Mercado Eléctrico

Os dados apresentados neste subcapitulo são obtidos a partir do relatório de contas da EEM referente ao ano de 2000. Estes são os dados mais actualizados disponíveis para fazer esta análise. No final deste subcapitulo é abordada sumariamente a evolução do mercado eléctrico na RAM.

O sector de produção de electricidade na RAM é composto pela empresa EEM (Empresa Eléctrica da Madeira, S.A.) e por alguns operadores privados. Na sequência da abertura do sector da produção à iniciativa privada, em conformidade com a política energética definida pelo governo regional, o ano de 2000 fica marcado pela entrada do primeiro operador privado na área da energia térmica, com uma central na Zona industrial do Caniçal, o qual contribuiu no ano de 2000, com cerca de 64 GWh.

A emissão total de energia eléctrica, no ano de 2000, verificada na Região Autónoma ascendeu a 620,8 GWh, dos quais 597,1 GWh na ilha da Madeira, incluindo produtores independentes e 23,7 GWh na ilha do Porto Santo, representando acréscimos, respectivamente de 9,9% e 19,3% comparativamente ao ano anterior. O aumento global da emissão cifrou-se em 10,3%.

A emissão de ponta, no ano de 2000, na ilha da Madeira atingiu 113,8 MW, enquanto que no Porto Santo a ponta foi de 5,6 MW.

3.4.2.1 Ilha da Madeira

A Empresa de Electricidade da Madeira, SA, tem vindo a implementar um conjunto de medidas tendo em vista garantir o abastecimento de energia eléctrica sem rupturas e em boas condições técnicas, prestando particular atenção ao desenvolvimento das energias renováveis por forma a maximizar o seu aproveitamento e reduzir, na medida do possível, o impacto ambiental proveniente da queima do fuelóleo.

Todavia, a imprevisibilidade e sazonalidade dos recursos renováveis, nomeadamente os de origem hídrica e eólica, obriga a Região a manter elevadíssimos investimentos no parque produtivo térmico, que terá de possuir capacidade instalada para atender às necessidades de consumo, mesmo nos períodos de ponta máxima. Os últimos investimentos nesta área foram realizados por um operador privado, que instalou uma nova central térmica na Zona do Caniçal, com uma potência instalada de 24 MW, tendo iniciado a exploração no mês de Junho de 2000.

Em 31 de Dezembro de 2000, o sistema electro-produtor da EEM na ilha da Madeira compreendia uma central termoeléctrica, nove centrais hidroeléctricas e um parque eólico, com uma potência efectiva total de 178,6 MW, dos quais 125,8 MW estão instalados na Central Térmica da Vitória, 49,5 MW nas diversas centrais hidroeléctricas e os restantes 3,3 MW no recente Parque Eólico do Caniçal, representando 70,4%, 27,7% e 1,9% respectivamente, da potência efectiva total.

Os Quadros 3.23 a 3.28 sintetizam a informação a respeito do sector eléctrico para a ilha da Madeira.

Produção (Sistema EEM)

	Madeira			
	Termoel.	Hidroel.	Eólica	Total
Nº de centrais	1	9	1	11
Potência efectiva (kW)	125.800	49.550	3.300	178.650
Produção em 2000 (GWh)	441,65	89,57	0,09	531,31

Quadro 3.23

Aquisição de energia eléctrica – Outras entidades

	Madeira			
	Termoel.	Hidroel.	Eólica	Total
Nº de centrais	1	1	4	6
Potência efectiva (kW)	24.000	720	5.340	30.080
Produção em 2000 (GWh)	64,03	1,43	10,70	76,16

Quadro 3.24

Centrais hidroeléctricas em serviço (sistema EEM)

Descrição	Potência Efect. (kW)	Produção (GWh)	Altura de Queda (m)	Tipo de Turbina
Serra d'Água	2*2400	15,21	430	Pelton
Calheta I	1*1100		629	Pelton
	1*500	14,38	314	Pelton
	1*500		181	Pelton
	1*2400		629	Pelton
Calheta II	1*7300	17,10	637	Pelton
Ribeira da Janela	2*1500	8,06	398	Pelton
Fajã da Nogueira	2*1200	5,92	348	Pelton
Lombo Brasil	1*150	1,30	316	Pelton
Fajã dos Padres	1*1700	0,80	530	Pelton
Santa Quitéria	1*1700	2,83	212	Pelton
Ribª dos Socorridos	3*8000	23,96	457	Pelton
Total	49.550	89,57		

Quadro 3.25

Centrais termoeléctricas em serviço (sistema EEM)

Descrição	Grupo nº	Potência Efect. (kW)	Produção (GWh)	Combustível
Vitória (EEM)	1	6.000		Fuelóleo
	2	6.000		Fuelóleo
	3	5.000		Fuelóleo
	4	6.900		Fuelóleo
	5	6.900		Fuelóleo
	6	6.900		Fuelóleo
	7	9.400		Fuelóleo
	8	9.400		Fuelóleo
	9	9.400		Fuelóleo
	10	9.400		Fuelóleo
	11	10.100		Fuelóleo
	12	10.100		Fuelóleo
	13	10.100		Fuelóleo
	14	10.100		Fuelóleo
	15	10.100		Fuelóleo
Total - Vitória		125.800	441,65	

Quadro 3.26

Parques eólicos em serviço (sistema EEM)

Descrição	Potência (kW)	Totais (kW)	Produção (GWh)
Parque EEM-Caniçal	5*550	3.300	0,09

Quadro 3.27

A potência instalada nos sistemas de produção privados ascende a 30,06 MW, sendo 5,34 MW em parques eólicos, 24 MW na central termoeléctrica instalada na Zona Franca do Caniçal e os restantes 0,72 MW na central mini-hídrica da Terça.

A produção do sistema electro-produtor da EEM atingiu, na ilha da Madeira, 531,3 GWh. Esta produção foi obtida a partir de fontes de origem termoeléctrica e hidroeléctrica em 83,1% e 16,9%, respectivamente. De notar que a contribuição de origem eólica teve pouco significado nos últimos anos, pelo facto do novo parque ter entrado em exploração apenas durante a segunda quinzena de Dezembro de 2000.

A contribuição da Central Térmica da Vitória foi de 441,65 GWh. No sistema hidroeléctrico a maior contribuição para a produção teve origem nas centrais dos Socorridos, Calheta de Inverno, Serra de Água e Calheta, com 26,8%, 19,1%, 17,0% e 16,1%, respectivamente.

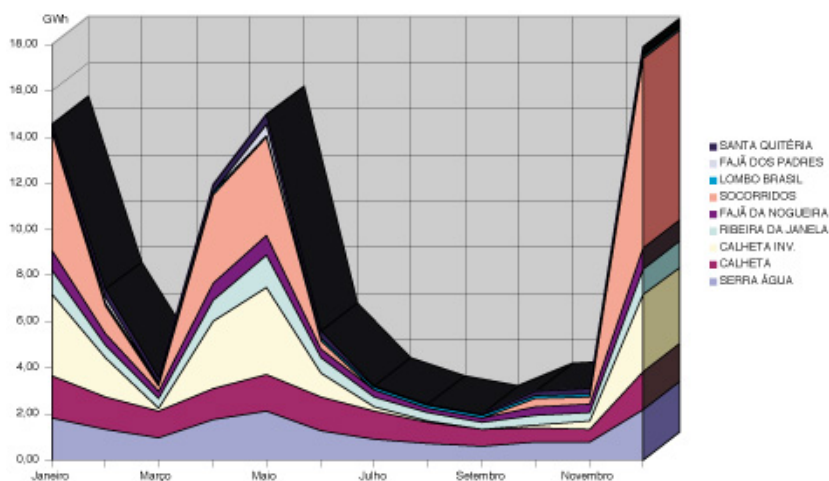



Gráfico 3.11

A energia fornecida pelos produtores privados ascendeu a 76,16 GWh, sendo o parque térmico privado responsável por 64,03 GWh, os parques eólicos por 10,70 GWh e a mini-hídrica pelos restantes 1,43 GWh. A energia emitida pelo sistema electro-produtor da EEM foi de 520,96 GWh, tendo resultado uma emissão total da ordem dos 597,12 GWh.

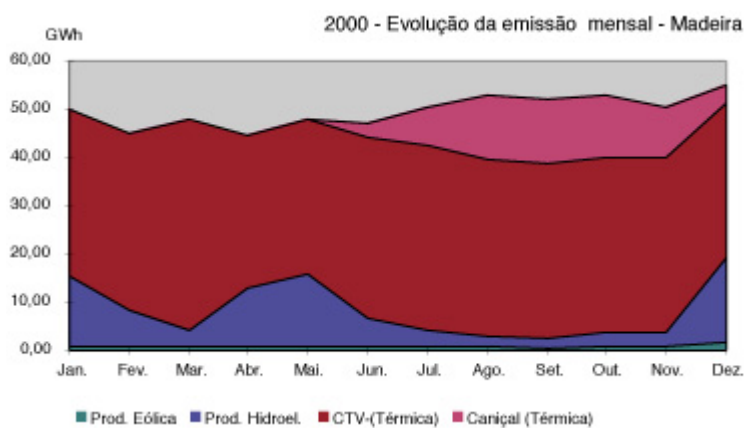



Gráfico 3.12

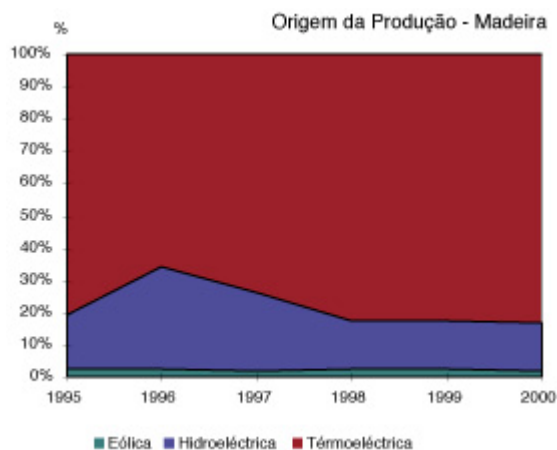



Gráfico 3.13

O ano de 2000 comparativamente ao ano anterior regista um acréscimo da energia emitida de 9,9%.

Globalmente, as componentes eólica, hidroeléctrica e termoeléctrica foram de 2%, 15% e 83%, respectivamente.

A ponta anual (ano de 2000) na ilha da Madeira ocorreu no dia 20 de Dezembro e atingiu 113,8 MW, reflectindo um pequeno acréscimo de 1,1%. De notar que o crescimento da ponta não foi maior apenas pelo facto do dia 24 de Dezembro (dia habitual da ponta máxima) ter coincidido num Domingo, que historicamente regista valores de ponta inferiores aos restantes dias.

Pontas referidas à produção (MW)

	1996	1997	1998	1999	2000
Madeira	94,8	99.96	103,3	112,6	113,8

Quadro 3.28

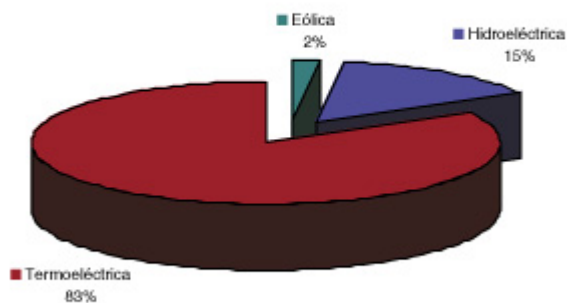
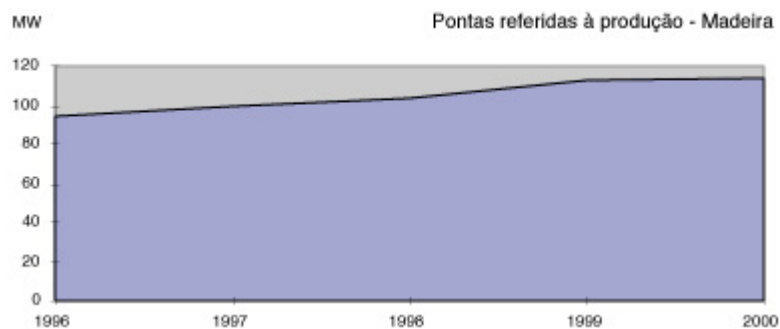



Gráfico 3.14

Gráfico 3.15

Os consumos de fuelóleo, gasóleo e óleo, para o ano de 2000, foram de 105,3, 0,5 e 1,3 milhões de litros, respectivamente.

Consumo de combustíveis e lubrificantes

Central	Fuelóleo 1000 litros	Gasóleo 1000 litros	Óleo 1000 litros
Vitória	105.300	495	1.310

Quadro 3.29

3.4.2.2 Ilha de Porto Santo

No final do ano de 2000, o sistema electro-produtor na ilha do Porto Santo compreendia uma central termoeléctrica com potência efectiva de 13,82 MW e um parque eólico com 1110 kW instalados.

Por forma a corresponder aos fortes aumentos de consumo, a EEM adjudicou, no mês de Outubro de 2000, a ampliação da Central Térmica, compreendendo a instalação de um novo grupo (grupo nº 5), queimando fuelóleo, de 4100 kW de potência nominal.

Os Quadros 3.30, 3.31 e 3.32 sintetizam a informação para o sector eléctrico na ilha de Porto Santo.

Produção

	Porto Santo		
	Termoel.	P. Eólicos	Total
Nº de centrais	1	1	2
Potência efectiva (kW)	13.820	1.110	14.930
Produção em 2000 (GWh)	24,10	1,11	25,21

Quadro 3.30

Central termoeléctrica em serviço

Descrição	Grupo nº	Potência Efect. (kW)	Produção (GWh)	Combustível
Porto Santo	1	3.500		Gasóleo
	2	3.500		Gasóleo
	3	3.410		Fuelóleo
	4	3.410		Fuelóleo
Total		13.820	24,10	

Quadro 3.31

Parques eólicos em serviço

Descrição	Potência (kW)	Totais (kW)	Produção (GWh)
Porto Santo (EEM)	2*225+1*660	1.110	1,11

Quadro 3.32

A produção total ascendeu a 25,21 GWh, dos quais 24,10 GWh correspondem à comparticipação da energia termoeléctrica e 1,11 GWh à componente eólica.

Gráfico 3.16

Os meses de maior consumo continuam a ser Julho, Agosto e Setembro, com o valor máximo no mês de Agosto. Da produção total, no ano de 2000, 95,6% é de origem termoeléctrica, sendo os restantes 4,4% provenientes do parque eólico.

O acréscimo global da produção relativamente a 1999 foi de 19,3% e de 35,8% quando referido a 1998, resultante do aumento acentuado da procura de energia eléctrica, associado ao grande dinamismo que a economia da ilha vem verificando nos últimos tempos.

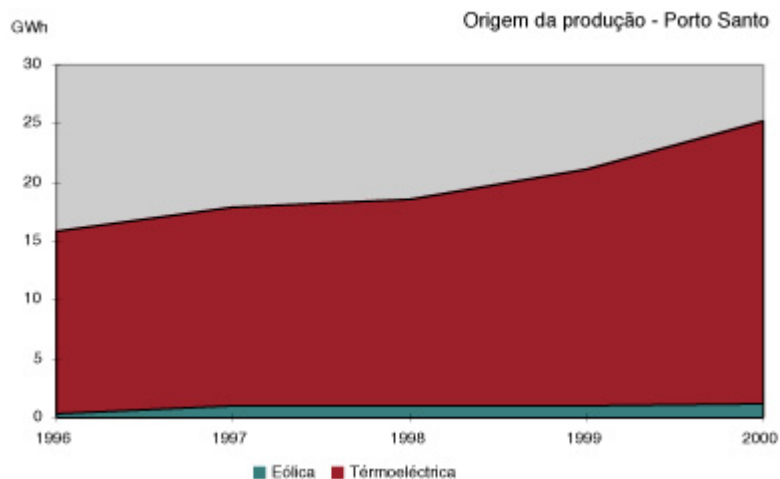



Gráfico 3.17

No ano de 2000, à semelhança do crescimento da produção, a ponta anual registou um aumento substancial de 19,1%, com um valor absoluto de 5,6 MW. Refira-se que o crescimento da potência de ponta referente aos últimos dois anos ascende a 47,4%.

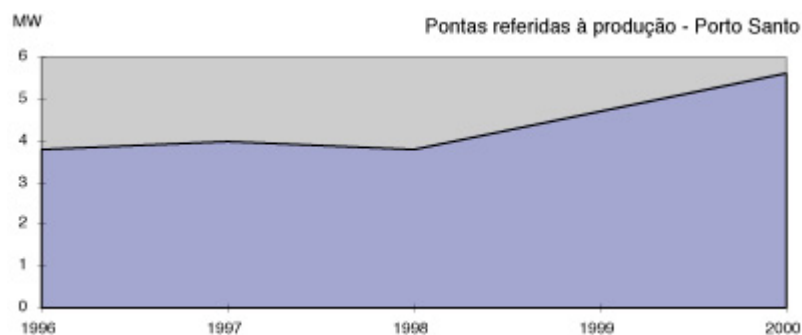



Gráfico 3.18

Pontas referidas à produção (MW)

	1996	1997	1998	1999	2000
Porto Santo	3,8	3.99	3,8	4,7	5,6

Quadro 3.33

Os consumos de fuelóleo, gasóleo e óleo foram, no ano 2000, de 5,7, 0,16 e 0,04 milhões de litros, respectivamente.

Consumo de combustíveis e lubrificantes

Central	Fuelóleo 1000 litros	Gasóleo 1000 litros	Óleo 1000 litros
Porto Santo	5.700	160	39,5

Quadro 3.34

3.4.2.3 Evolução do Sector Eléctrico

A produção de energia (sistema EEM), assim como a aquisição de energia a outras entidades, está sintetizada nos Quadros 3.35 e 3.36 para os últimos anos. Estes permitem verificar que a produção de energia eléctrica tem aumentado significativamente nos últimos 5 anos. O sistema electro-produtor da EEM sofreu um aumento de aproximadamente 23%, enquanto os produtores privados aumentaram a sua actividade em 647%. Em termos globais verifica-se que a produção eléctrica sofreu um incremento de 36,5% nos últimos 5 anos.

Origem da produção de energia eléctrica (GWh) – Sistema EEM

Descrição	1996	1997	1998	1999	2000
Madeira					
- Hidroeléctrica	142,20	115,33	78,32	90,12	89,57
- Eólica					0,09
- Termoeléctrica (Vitória)	295,30	354,63	425,96	453,85	441,65
- Total	437,50	459,96	505,28	543,97	441,65
Porto Santo					
- Termoeléctrica	15,50	16,90	17,55	20,15	24,10
- Eólica	0,27	0,98	1.02	0,98	1,11
- Total	15,77	17,88	18,56	21,13	25,21
TOTAL EEM	453,27	487,84	523,84	565,10	556,52

Quadro 3.35

Aquisição de energia eléctrica (GWh) – Outras entidades

Descrição	1996	1997	1998	1999	2000
Madeira					
- Hidroeléctrica					1,43
- Eólica	10,20	10,21	11,67	10,30	10,70
- Termoeléctrica (Vitória)					64,03
Total	10,20	10,21	11,67	10,30	76,16

Quadro 3.36

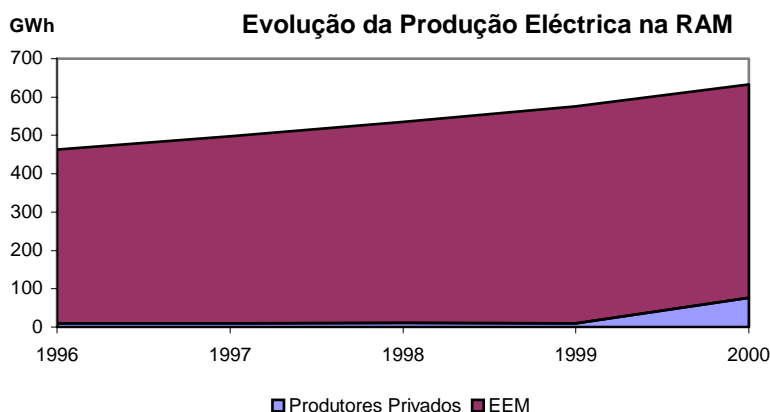



Gráfico 3.19

O gráfico 3.19 permite verificar que o aumento global na produção de energia eléctrica na RAM tem sido mais ou menos constante de ano para ano. Um aspecto importante será o de verificar qual a tendência nos anos seguintes.

3.4.3 Biomassa

O consumo de Biomassa na RAM durante o ano de 2000 ascendeu aos 12 066 tep. Este consumo assume especial importância no Sector Doméstico a que corresponde a parcela de 8 927 tep, correspondendo a 73,9%. O sector industrial contribuiu com outra importante parcela no consumo de Biomassa – 2 486 tep (20,6%).

O consumo de biomassa no Sector Doméstico encontra-se associado fundamentalmente à confecção de alimentos, aquecimento de águas sanitárias e aquecimento ambiente. A melhoria das condições de vida das populações permitiu que, entre 1991 e 2000, uma parte significativa do consumo de Biomassa fosse substituída por GPL. Globalmente o consumo de Biomassa na RAM teve um decréscimo de 31% ao longo de 1991-2000.

A conversão do consumo de Biomassa para GPL ou GN acarreta um impacto ambiental positivo, tendo em conta as emissões de CO2 associadas. Por outro lado passamos a aumentar a dependência energética da RAM do consumo combustíveis fosseis importados em detrimento de recursos regionais renováveis.

3.4.4 Produção de Frio

A análise da procura primária e final de energia permite chegar a algumas conclusões no que respeita ao tipo utilizações que se fazem dos recursos. A diferença entre a procura primária e final de energia está relacionada com o consumo, no utilizador final, de energia eléctrica. Esta energia é produzida a partir de recursos regionais e produtos petrolíferos para os quais o rendimento de conversão termoeléctrica se situa actualmente nos 41,3% para a RAM. Desta forma dever-se-á considerar a electricidade como um 'veículo para o transporte de energia' (*energy carrier*) e não como uma fonte. Interessa por isso saber o uso que se faz da electricidade no sentido analisar se existem alternativas de racionalizar o uso global da energia.

A utilização da electricidade em detrimento de combustíveis nas aplicações em que se poderiam recorrer a ambos está relacionada com aspectos de conforto e segurança. A disponibilidade de outro tipo de combustíveis, neste caso o GN, apenas poderia afectar esta relação de forma bastante marginal, pelo menos no curto prazo.

No entanto, o fornecimento de GN a partir de um Terminal receptor de GNL permite aproveitamentos bastante consideráveis de energia durante o processo de regaseificação. Existem diversas formas de levar a cabo o aproveitamento do frio do GNL já abordadas nos subcapitulos 2.3.3.3 e 2.7.4.

No caso concreto da RAM, as aplicações descritas mencionadas no subcapitulo 2.3.3.3 e descritas no Anexo B3 são de difícil concretização. Com efeito, o escasso mercado de gases industriais e medicinais, assim como neve carbónica concretizavel na RAM dificilmente potencia investidores para este tipo de infra-estrutura. Por outro lado a produção eléctrica aproveitando o frio do GNL carece, todavia, de viabilização económica em virtude do elevado custo das infraestruturas, sobretudo se comparadas com as centrais de ciclo combinado.

Existem, contudo, possibilidades bastante interessantes de levar a cabo o aproveitamento do frio do GNL, podendo substituir consumos eléctricos utilizados em refrigeração industrial e climatização (ver subcapitulo 2.7.4). Neste âmbito interessa pois descriminar os consumos eléctricos envolvidos tanto na climatização como refrigeração industrial.

3.4.4.1 Refrigeração Industrial

O aproveitamento do frio do GNL para refrigeração industrial obriga à fixação das industrias utilizadoras dessa energia nas imediações dos Terminais. A razão deste constrangimento deve-se à necessidade de fornecer quantidades de frio apreciáveis diminuindo o mais possível as perdas térmicas do fluído de transferência utilizado para o 'transporte do frio'.

Este tipo de aplicações encontra o seu principal alvo na industria de processamento alimentar, nas quais se envolvem necessidades de refrigeração para conservação dos alimentos.

De acordo com o PPERAM existem na RAM 138 empresas dedicadas a Alimentação, Bebidas e Tabaco. Destas apenas uma parte consome energia em refrigeração industrial. Atendendo a que, o número de Industrias da RAM totaliza 721, poder-se-á estimar que o consumo eléctrico associado às necessidades de refrigeração industrial não deverá ser inferior a 10% do consumo eléctrico total no sector industrial. Assim sendo admite-se que dos 6 013 tep consumidos na industria 600 tep sejam para refrigeração industrial.

3.4.4.2 Climatização

O Quadro 3.37 faz o resumo dos consumos de energia eléctrica na RAM desagregado por sectores.

	***2000* [tep]**	REPARTIÇÃO **[%]**
Agricultura, Pecuária e Pesca	402	0,9
Indústria	6 013	12,7
Construção e Obras Públicas	1 059	2,2
Hotelaria	5 303	11,2
Transportes	---	0,0
Serviços	18 432	39,0
Comércio e Restauração	11 246	23,8
Serviços Públicos	3 781	8,0
Iluminação Pública	3 405	7,2
Doméstico	16 067	34,0
Total	47 275	100,0

Fonte: AREAM

Quadro 3.37 – Consumo de Electricidade por Sectores

Dos sectores referenciados no Quadro 3.37 faz sentido descriminar consumos eléctricos com climatização para o ‘Doméstico’, ‘Serviços’ e ‘Hotelaria’. No sector Industrial os consumos eléctricos associados à climatização poderão ser desprezados, podendo admitir-se que na ‘Agricultura, Pecuária e Pescas’, ‘Construção e Obras Públicas’ e ‘Transportes’ não existirão consumos eléctricos reportáveis a este tipo de aplicação.

Para o Sector Doméstico temos, de acordo com o PPERAM, um consumo eléctrico de 129 tep aplicado à climatização. A pouca expressão deste consumo deve-se ao clima ameno da RAM o que faz com que a climatização não seja considerada um bem de primeira necessidade.

Pelo contrário, o Sector Hoteleiro apresenta um consumo eléctrico apreciável em climatização. Esta aplicação é responsável por 18% de todo o consumo eléctrico do sector, representando 955 tep.

No Sector dos Serviços, mais concretamente no ‘Comércio e Restauração’ e ‘Serviços Públicos’, refere o PPERAM que as principais parcelas de consumo eléctrico são para fins de iluminação e climatização. A razão deste consumo fica a dever-se à baixa eficiência energética dos edifícios que, estando pouco optimizados, obrigam a uma utilização intensiva de aparelhos de ar condicionado. De acordo com o Quadro 3.37 o consumo eléctrico nos subsectores ‘Comércio e Restauração’ e ‘Serviços Públicos’ totaliza 15 027 tep, admitindo que a parcela destinada a climatização se aproxima, em termos relativos, da registada na ‘Hotelaria’ teríamos um consumo de 2 704 tep.

4 Projecções para o Sector Energético

Um projecto de GNL está sempre associado a um horizonte temporal para o qual todas as infra-estruturas associadas são dimensionadas. No final desse período devem estar amortizados os investimentos levados a cabo na prossecução do projecto. O período ao qual se associa a viabilidade técnica e económica de um projecto de GNL é geralmente 20 anos.

Para levar a cabo o dimensionamento das infra-estruturas é necessário modelar e antever as perspectivas de evolução do sector energético. Desta forma, interessa identificar quais os utilizadores expectáveis para o GN e quais projecções de consumo associado a cada um desses utilizadores.

Nesta perspectiva tomou-se como base o PPERAM, que estima a procura de energia final na RAM mediante determinados cenários. Estas projecções são para o período 2000 a 2010 e não consideram a hipótese de implementação de um projecto de GNL. No entanto, esta análise foi realizada em grande parte na perspectiva do utilizador, ou seja, fornecendo dados relativos à procura final.

4.1 Descrição dos Cenários - PPERAM

O PPERAM assenta a sua análise em três cenários: o cenário alto, o cenário baixo e o cenário voluntarista.

- Cenário Alto

O cenário alto assenta numa estratégia de desenvolvimento da Região que “tem como objectivo reforçar determinados sectores menos afectados pela acção limitadora da insularidade, de modo a que a maior consolidação destes contribua para a afirmação da economia da Região, potenciando assim a sua competitividade.”

Esta estratégia favorece o fomento do turismo com um impacto preponderante no sector terciário, onde se enquadram a ‘hotelaria’ e ‘comércio e restauração’. Consequentemente, será também expectável um desenvolvimento considerável no sector dos ‘transportes’ e ‘serviços públicos’.

A construção deverá ser um sector de forte crescimento através da realização de grandes investimentos públicos e privados, nomeadamente em hotéis, edifícios de habitação, etc, apesar de o investimento na hotelaria e restauração estar numa fase decrescente.

No cenário alto considera-se expectável uma maior dinâmica da actividade industrial potenciada pela criação de infra-estruturas específicas e serviços de apoio – parques industriais. Estas infra-estruturas fomentariam o investimento na criação de novas unidades industriais, na modernização dos meios produtivos existentes através da implementação de nova tecnologia e na inovação das técnicas de ‘marketing’ utilizadas na promoção de produtos. Na mesma óptica, com o terceiro Quadro Comunitário de Apoio (2000-2006) abrem-se novas oportunidades para as empresas.

O sector primário teria o seu desenvolvimento assente na investigação na área das ciências e tecnologias agrárias, fomentadas através de apoio técnico e financeiro aos agricultores, permitindo o crescimento do sector em termos quantitativos e qualitativos. O aparecimento de explorações mais rentáveis e menos intensivas em termos de mão de obra conduzirá a uma maior mecanização.

Nas pescas o desenvolvimento passa igualmente pela orientação científica, na qual a aquacultura poderá contribuir significativamente para o crescimento do sector, sem impor uma sobrecarga dos recursos naturais.

O sector doméstico, na perspectiva do cenário alto, sofrerá o seu desenvolvimento como consequência directa do crescimento económico da região. Assim, será de esperar um aumento do número de alojamentos e melhoria das condições de conforto através do aumento da taxa de posse de electrodomésticos diversos.

Os Quadros 4.1 e 4.2 representam, respectivamente, as Projecções da Procura de Energia Final por Sectores para o Cenário Alto e as Projecções da Procura de Energia Final por Produtos para o Cenário Alto.

Sectores	1991 [tep]	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]
Agricultura, Pecuária e Pescas	3 461	3 334	3 770	4 059
Indústria, Constr. Obras Públicas	14 600	20 538	27 470	34 339
Hotelaria	8 685	15 227	20 423	25 527
Transportes	59 415	139 701	196 046	234 636
Serviços diversos	15 803	25 882	37 229	51 601
Doméstico	38 008	43 115	47 048	51 235
Total	139 972	247 797	331 986	401 398

Fonte: AREAM

Quadro 4.1 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por sectores para o Cenário Alto

Produtos	1991 [tep]	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]
Energia eléctrica	24 042	47 276	66 362	89 936
Fuelóleo	7 129	7 738	6 883	5 809
Gasóleo	45 215	91 232	129 191	152 528
Gasolina	25 927	47 268	66 378	79 015
GPL	17 541	26 735	34 522	42 263
Jet A1	450	14 419	16 716	19 378
Biomassa e resíduos	17 539	12 066	9 741	9 091
Solar	1 750	1 064	2 194	3 378
Total	139 593	247 798	331 985	401 398

Fonte: AREAM

Quadro 4.2 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por produtos para o Cenário Alto

- Cenário Baixo

O cenário baixo assenta igualmente numa estratégia de desenvolvimento como consequência da intensidade turística da RAM. Admite-se, neste caso, alguma paralesia do desenvolvimento regional com base num menor crescimento de procura turística. Esta quebra de desenvolvimento turístico pode surgir em dois contextos:

- abrandamento económico nos países de origem dos habituais visitantes turísticos da Região;
- perda de competitividade da Região face a outros destinos com ofertas similares.

Neste cenário são fortemente penalizados os sectores 'hoteleiro', 'comércio e serviços'. Consequentemente, em virtude da forte dependência económica da RAM face a estas actividades será de esperar uma retracção considerável no desenvolvimento de sectores como o dos 'transportes', 'construção e obras públicas' e 'serviços públicos'.

Espera-se, neste cenário, um crescimento dos sectores primário e industrial ainda que atenuado pela debilidade económica. Da mesma forma a perda de poder de compra afectará o crescimento do sector 'doméstico' registando-se uma acentuada atenuação relativamente às projecções do cenário alto.

Os Quadros 4.3 e 4.4 representam, respectivamente, as Projecções da Procura de Energia Final por Sectores para o Cenário Baixo e as Projecções da Procura de Energia Final por Produtos para o Cenário Baixo.

Sectores	1991 [tep]	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]
Agricultura, Pecuária e Pescas	3 461	3 334	3 504	3 683
Indústria, Constr. Obras Públicas	14 600	20 538	24 470	27 789
Hotelaria	8 685	15 227	18 168	21 404
Transportes	59 415	139 701	179 449	197 167
Serviços diversos	15 803	25 882	33 056	40 628
Doméstico	38 008	43 115	44 711	46 325
Total	139 972	247 797	303 359	336 996

Fonte: AREAM

Quadro 4.3 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por sectores para o Cenário Baixo

Produtos	1991 [tep]	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]
Energia eléctrica	24 042	47 276	59 669	71 146
Fuelóleo	7 129	7 738	6 296	5 048
Gasóleo	45 215	91 232	116 990	127 561
Gasolina	25 927	47 268	60 831	66 985
GPL	17 541	26 735	31 310	35 489
Jet A1	450	14 419	15 920	17 577
Biomassa e resíduos	17 539	12 066	10 473	10 564
Solar	1 750	1 064	1 869	2 626
Total	139 593	247 798	303 359	336 996

Fonte: AREAM

Quadro 4.4 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por produtos para o Cenário Baixo

- Cenário Voluntarista

O cenário voluntarista prevê o desenvolvimento socio-económico preconizado no cenário alto, admitindo adopção de metas mais ambiciosas no que respeita à utilização racional da energia.

Os objectivos do cenário voluntarista são a valorização dos recursos energéticos endógenos como forma de reduzir a dependência face aos produtos petrolíferos provenientes do exterior. Outra das metas é o desenvolvimento da Região privilegiando políticas que salvaguardem os aspectos ambientais, determinantes da qualidade da oferta turística.

São consideradas um conjunto de premissas para cada sector que visam uma redução na procura de energia final, sem prejuízo do seu desenvolvimento.

Os Quadros 4.5 e 4.6 representam, respectivamente, as Projecções da Procura de Energia Final por Sectores para o Cenário Voluntarista e as Projecções da Procura de Energia Final por Produtos para o Cenário Voluntarista.

Sectores	1991 [tep]	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]
Agricultura, Pecuária e Pescas	3 461	3 334	3 732	3 978
Indústria, Constr. Obras Públicas	14 600	20 538	26 964	33 063
Hotelaria	8 685	15 227	18 891	21 698
Transportes	59 415	139 701	188 937	217 580
Serviços diversos	15 803	25 882	34 437	43 861
Doméstico	38 008	43 115	45 872	48 673
Total	139 972	247 797	318 833	368 853

Fonte: AREAM

Quadro 4.5 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por sectores para o Cenário Voluntarista

Produtos	1991 [tep]	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]
Energia eléctrica	24 042	47 276	62 651	79 812
Fuelóleo	7 129	7 738	6 257	4 798
Gasóleo	45 215	91 232	124 791	142 154
Gasolina	25 927	47 268	63 967	73 265
GPL	17 541	26 735	32 298	36 643
Jet A1	450	14 419	16 109	17 969
Biomassa e resíduos	17 539	12 066	9 474	8 570
Solar	1 750	1 064	3 286	5 642
Total	139 593	247 798	318 833	368 854

Fonte: AREAM

Quadro 4.6 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por produtos para o Cenário Voluntarista

4.2 Projecções para a Produção Eléctrica - PPERAM

Para além das projecções da procura de energia final torna-se fundamental dispor das estimativas relativamente à produção eléctrica. Estas definem a cota de produção termoeléctrica e renovável.

As projecções para a produção eléctrica são em função dos cenários alto, baixo e voluntarista. A principal constatação a fazer diz respeito à cota das renováveis que se torna mais acentuada no cenário voluntarista.

Os Quadros 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam as Projecções de Produção de Energia Eléctrica para os cenários alto, baixo e voluntarista respectivamente.

Origem da Produção	1991	2000	2005	2010
[tep]				
Térmica	23 598	45 738	61 104	83 366
Hídrica	4 274	7 826	10 174	12 209
Eólica	24	1 019	1 324	1 589
Biomassa e resíduos	0	0	3 440	5 160
Total	27 896	54 583	76 943	102 324
[GWh]				
Térmica	274,4	531,8	710,5	969,4
Hídrica	49,7	91,0	118,3	142,0
Eólica	0,3	11,8	15,4	18,5
Biomassa e resíduos	0,0	0,0	40,0	60,0
Total	324,4	634,7	884,2	1 189,8

Fonte: AREAM

Quadro 4.7 – Projecções de Produção de Energia Eléctrica para o Cenário Alto

Origem da Produção	1991	2000	2005	2010
[tep]				
Térmica	23 598	45 738	53 691	65 438
Hídrica	4 274	7 826	10 174	11 191
Eólica	24	1 019	1 324	1 457
Biomassa e resíduos	0	0	3 440	3 440
Total	27 896	54 583	68 629	81 526
[GWh]				
Térmica	274,4	531,8	624,3	760,9
Hídrica	49,7	91,0	118,3	130,1
Eólica	0,3	11,8	15,4	16,9
Biomassa e resíduos	0,0	0,0	40,0	40,0
Total	324,4	634,7	798,0	948,0

Fonte: AREAM

Quadro 4.8 – Projecções de Produção de Energia Eléctrica para o Cenário Baixo

Origem da Produção	1991	2000	2005	2010
[tep]				
Térmica	23 598	45 738	50 253	63 564
Hídrica	4 274	7 826	14 262	15 441
Eólica	24	1 019	2 115	4 060
Biomassa e resíduos	0	0	5 160	7 740
Total	27 896	54 583	71 791	90 806
[GWh]				
Térmica	274,4	531,8	584,3	739,1
Hídrica	49,7	91,0	165,8	179,6
Eólica	0,3	11,8	24,6	47,2
Biomassa e resíduos	0,0	0,0	60,0	90,0
Total	324,4	634,7	834,8	1 055,9

Fonte: AREAM

Quadro 4.9 – Projecções de Produção de Energia Eléctrica para o Cenário Voluntarista

4.3 Cenários para o Projecto de GNL

Na óptica dos cenários alto, baixo e voluntarista traçam-se igualmente três cenários para a implementação de um projecto de GNL.

A implementação de um projecto de GNL na RAM seria um factor catalizador de um cenário voluntarista numa perspectiva algo diferente da explanada pelo PPERAM. Assim, a implementação do GN na RAM traria um forte investimento público e privado, catapultando o desenvolvimento económico da Região. Os reflexos destes investimentos seriam evidenciados no fomento de sectores como 'construção e obras públicas', 'transportes', 'industria' e 'serviços públicos'. Os restantes sectores sentiriam também um efeito positivo, ainda que de forma indirecta, motivado pelo crescimento económico.

Tratando-se de um projecto altamente estruturante para a região, criar-se-iam condições para que a economia passasse a ter uma dependência menos acentuada do turismo. O advento do GN na RAM permite também, de uma forma efectiva, reduzir o peso das fontes energéticas importadas face aos recursos endógenos no balanço da procura de energia primária. Desta forma, conseguir-se-iam progressos ambientais consideráveis com um impacto bastante favorável na qualidade da oferta turística.

O facto do horizonte temporal de um Projecto de GNL ser, normalmente, de 20 anos obriga a um exercício de extrapolação dos dados do PPERAM, uma vez que estes reportam apenas um período de 10 anos. Consideram-se os seguintes conjuntos de premissas para cada cenário:

- Cenário Alto

- Crescimento do sector da 'Agricultura, Pecuária e Pescas', admitindo um aumento de 1% por ano na Procura de Energia Final;
- Crescimento do sector da 'Industria, Construção e Obras Públicas', no período 2010-2020, numa tendência idêntica a verificada nos 10 anos anteriores, registando-se um aumento de 1380 tep/ano em termos absolutos na Procura de Energia Final;
- Crescimento dos sectores da 'Hotelaria' e 'Serviços diversos', no período 2010-2020, registando-se aumentos na Procura de Energia Final de 500 tep/ano e 1200 tep/ano respectivamente – estas taxa originam crescimentos no período 2010-2020 de, sensivelmente, metade das registadas no período 2000-2010;
- Atenuação do crescimento no sector dos 'Transportes' registando-se um aumento da Procura de Energia Final de 10% e 5% nos períodos 2010-2015 e 2015-2020 respectivamente;
- Crescimento do sector da 'Doméstico', no período 2010-2020, registando-se um aumento de 400 tep/ano em termos absolutos na Procura de Energia Final – esta taxa origina um crescimento de 4000 tep no período 2010-2020, sensivelmente metade da registada no período 2000-2010;
- No sector dos 'Transportes' manter-se-iam as proporções de consumo entre Gasolina, Gasóleo e JET A1;
- A Procura de Energia Final de 'Solar' e 'Biomassa e resíduos' registaria no ano 2020, para o cenário alto, a meta de 2010 prevista para o cenário voluntarista;
- O aumento da procura de GPL, em termos absolutos, para 2010-2020 diminuí para sensivelmente metade da prevista nos anos 2000-2010;
- O rendimento da rede de transporte e distribuição de energia eléctrica mantém-se nos 88,5%;
- A Produção Eléctrica a partir dos recursos regionais (hídrica, eólica e biomassa e resíduos) registaria nos anos 2015 e 2020, para o cenário alto, as metas de 2005 e 2010 previstas no cenário voluntarista

- Em termos globais a Procura de Energia Final na RAM registaria um crescimento de 71 692 tep (17,8%) no período de 2010-2020, substancialmente inferior aos 153 601 tep (61,9%) perspectivados para 2000-2010.

Sectores	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Agricultura, Pecuária e Pescas	3 334	3 770	4 059	4 266	4 483
Indústria, Constr. Obras Públicas	20 538	27 470	34 339	41 239	48 139
Hotelaria	15 227	20 423	25 527	28 027	30 527
Transportes	139 701	196 046	234 636	258 100	271 105
Serviços diversos	25 882	37 229	51 601	57 601	63 601
Doméstico	43 115	47 048	51 235	53 235	55 235
Total	247 797	331 986	401 398	442 468	473 090

Quadro 4.10 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por sectores para o Cenário Alto – 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Energia eléctrica	47 276	66 362	89 936	102 091	116 505
Fuelóleo	7 738	6 883	5 809	5 349	5 119
Gasóleo	91 232	129 191	152 528	165 124	172 627
Gasolina	47 268	66 378	79 015	87 754	92 176
GPL	26 735	34 522	42 263	47 387	49 949
Jet A1	14 419	16 716	19 378	21 422	22 502
Biomassa e resíduos	12 066	9 741	9 091	8 831	8 570
Solar	1 064	2 194	3 378	4 510	5 642
Total	247 798	331 985	401 398	442 468	473 090

Quadro 4.11 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por produtos para o Cenário Alto – 2000-2020

Origem da Produção	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Térmica	45 738	61 104	83 366	92 530	104 403
Hídrica	7 826	10 174	12 209	14 262	15 441
Eólica	1 019	1 324	1 589	2 115	4 060
Biomassa e resíduos	0	3 440	5 160	6 450	7 740
Total	54 583	76 043	102 324	115 357	131 644

Quadro 4.12 – Projecções de Produção de Energia Eléctrica para o Cenário Alto

- Cenário Baixo

- Crescimento do sector da 'Agricultura, Pecuária e Pescas', admitindo um aumento de 0,5% por ano na Procura de Energia Final;

- Crescimento do sector da 'Industria, Construção e Obras Públicas', no período 2010-2020, numa tendência idêntica a verificada nos 10 anos anteriores, registando-se um aumento de 725 tep/ano em termos absolutos na Procura de Energia Final;

- Crescimento dos sectores da 'Hotelaria' e 'Serviços diversos', no período 2010-2020, registando-se aumentos na Procura de Energia Final de 430 tep/ano e 1030 tep/ano respectivamente – estas taxa originam crescimentos no período 2010-2020 de, sensivelmente, 70% das registadas no período 2000-2010;

- Atenuação do crescimento no sector dos 'Transportes' registando-se um aumento da Procura de Energia Final de 7,5% e 5% nos períodos 2010-2015 e 2015-2020 respectivamente;

- Crescimento do sector da 'Doméstico', no período 2010-2020, registando-se um aumento de 195 tep/ano em termos absolutos na Procura de Energia Final – esta taxa origina um crescimento de 1950 tep no período 2010-2020, sensivelmente 60% da registada no período 2000-2010;

- No sector dos 'Transportes' manter-se-iam as proporções de consumo entre Gasolina, Gasóleo e JET A1;

- A Procura de Energia Final de 'Solar' e 'Biomassa e resíduos' registaria no ano 2020, para o cenário baixo, a meta de 2010 prevista para o cenário alto;

- O aumento da procura de GPL, em termos absolutos, para 2010-2020 diminuí para sensivelmente 60% do valor previsto para os anos 2000-2010;

- O rendimento da rede de transporte e distribuição de energia eléctrica mantém-se nos 88,5%;

- A Produção Eléctrica a partir dos recursos regionais (hídrica, eólica e biomassa e resíduos) registaria para o ano 2020, no cenário baixo, a meta de 2010 prevista para o cenário alto

- Em termos globais a Procura de Energia Final na RAM registaria um crescimento de 49 371 tep (14,6%) no período de 2010-2020, inferior aos 89 199 tep (35,9%) perspectivados para 2000-2010.

Sectores	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Agricultura, Pecuária e Pescas	3 334	3 504	3 683	3 775	3 869
Indústria, Constr. Obras Públicas	20 538	24 470	27 789	31 414	35 039
Hotelaria	15 227	18 168	21 404	23 554	25 704
Transportes	139 701	179 449	197 167	211 955	222 552
Serviços diversos	25 882	33 056	40 628	45 778	50 928
Doméstico	43 115	44 711	46 325	47 300	48 275
Total	247 797	303 359	336 996	363 776	386 367

Quadro 4.13 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por sectores para o Cenário Baixo – 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Energia eléctrica	47 276	59 669	71 146	80 487	91 228
Fuelóleo	7 738	6 296	5 048	4 636	4 430
Gasóleo	91 232	116 990	127 561	135 995	142 077
Gasolina	47 268	60 831	66 985	72 065	75 668
GPL	26 735	31 310	35 489	38 955	40 688
Jet A1	14 419	15 920	17 577	18 895	19 807
Biomassa e resíduos	12 066	10 473	10 564	9 741	9 091
Solar	1 064	1 869	2 626	3 002	3 378
Total	247 798	303 359	336 996	363 776	386 367

Quadro 4.14 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por produtos para o Cenário Baixo – 2000-2020

Origem da Produção	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Térmica	45 738	53 691	65 438	74 282	84 124
Hídrica	7 826	10 174	11 191	11 700	12 209
Eólica	1 019	1 324	1 457	1 523	1 589
Biomassa e resíduos	0	3 440	3 440	3 440	5 160
Total	54 583	68 629	81 526	90 945	103 082

Quadro 4.15 – Projecções de Produção de Energia Eléctrica para o Cenário Baixo

- Cenário Voluntarista

➢ Crescimento do sector da 'Agricultura, Pecuária e Pescas', admitindo um aumento de 1% por ano na Procura de Energia Final;

➢ Crescimento do sector da 'Industria, Construção e Obras Públicas', no período 2010-2020, de forma análoga à registada para o cenário alto, afectando-se o valor da Procura de Energia Final de uma redução de 4% em virtude de uma utilização mais racional dos recursos;

➢ Crescimento dos sectores da 'Hotelaria' e 'Serviços diversos', no período 2010-2020, de forma análoga à registada para o cenário alto, afectando-se o valor da Procura de Energia Final de uma redução de 15% em virtude de uma optimização das edificações e sistemas integrados de energia;

➢ Atenuação do crescimento no sector dos 'Transportes' registando-se um aumento da Procura de Energia Final de 10% e 5% nos períodos 2010-2015 e 2015-2020 respectivamente;

➢ Crescimento do sector da 'Doméstico', no período 2010-2020, de forma análoga à registada para o cenário alto, afectando-se o valor da Procura de Energia Final de uma redução de 5%, em virtude da adopção de medidas de racionalização dos consumos energéticos;

➢ No sector dos 'Transportes' manter-se-iam as proporções de consumo entre Gasolina, Gasóleo e JET A1;

➢ A Procura de Energia 'Solar' registaria um crescimento absoluto no período 2010-2020 de 70% do previsto para os anos 2000-2010;

- A procura de 'Biomassa e resíduos' registaria no período 2010-2020 um decréscimo anual de 1%;
- O aumento da procura de GPL, em termos absolutos, para 2010-2020 diminuí para 40% do valor previsto nos anos 2000-2010;
- O rendimento da rede de transporte e distribuição de energia eléctrica mantém-se nos 88,5%;
- A Produção Eléctrica a partir dos recursos regionais registaria um acréscimo de 50% na eólica e 10% na hídrica, para o período 2010-2020;
- A estrutura de Produção Eléctrica a partir de Biomassa e resíduos manter-se-ia para o período 2010-2020;
- Em termos globais a Procura de Energia Final na RAM registaria um crescimento de 65 533 tep (17,7%) no período de 2010-2020, substancialmente inferior aos 121 056 tep (48,8%) perspectivados para 2000-2010.

Sectores	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Agricultura, Pecuária e Pescas	3 334	3 732	3 978	4 177	4 386
Indústria, Constr. Obras Públicas	20 538	26 964	33 063	39 589	46 213
Hotelaria	15 227	18 891	21 698	23 823	25 948
Transportes	139 701	188 937	217 580	239 338	251 305
Serviços diversos	25 882	34 437	43 861	48 961	54 061
Doméstico	43 115	45 872	48 673	50 573	52 473
Total	247 797	318 833	368 853	406 461	434 386

Quadro 4.16 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por sectores para o Cenário Voluntarista – 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Energia eléctrica	47 276	62 651	79 812	92 792	105 792
Fuelóleo	7 738	6 257	4 798	4 318	4 102
Gasóleo	91 232	124 791	142 154	154 816	161 757
Gasolina	47 268	63 967	73 265	80 178	84 187
GPL	26 735	32 298	36 643	38 625	40 606
Jet A1	14 419	16 109	17 969	20 344	21 361
Biomassa e resíduos	12 066	9 474	8 570	8 142	7 734
Solar	1 064	3 286	5 642	7 245	8 847
Total	247 798	318 833	368 854	406 461	434 386

Quadro 4.17 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por produtos para o Cenário Voluntarista – 2000-2020

Origem da Produção	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Térmica	45 738	50 253	63 564	75 822	88 724
Hídrica	7 826	14 262	15 441	16 213	16 985
Eólica	1 019	2 115	4 060	5 075	6 090
Biomassa e resíduos	0	5 160	7 740	7 740	7 740
Total	54 583	71 791	90 806	104 850	119 539

Quadro 4.18 – Projecções de Produção de Energia Eléctrica para o Cenário Voluntarista

4.3.1 Descrição dos Cenários do Projecto de GNL

Os cenários para a implantação do projecto de GNL são traçados em função de um conjunto de metas que reflectem determinados níveis de ambição. Assim consideram-se os Cenários I, II e III, que se baseiam nas expectativas de Procura de Energia e Produção Eléctrica, para o período 2000-2020, extrapoladas a partir dos dados do PPERAM.

4.3.1.1 Cenário I

Cenário I traduz uma menor ambição do projecto de GNL, partindo das estimativas de consumo do Cenário Baixo. Consideram-se as intervenções:

- **Central Térmica de Vitória e Central Térmica do Caniçal**

A produção de energia eléctrica na ilha da Madeira (ver Quadro 3.20 e 3.21) partir das centrais termoeléctricas existentes foi de 441,65GWh (Central de Vitória – Sistema EEM) e 64,03GWh (Central do Caniçal) para o ano 2000.

De acordo com o Gráfico 3.11 poder-se-á concluir que a produção de electricidade a partir da central termoeléctrica de Vitória foi mais ou menos constante ao longo do ano, não ultrapassando os 40GWh por cada mês. Por sua vez a central termoeléctrica do Caniçal entrou em funcionamento a Junho de 2000 tendo produzido cerca 15GWh nos meses de maior actividade (Agosto, Setembro, Outubro). Atendendo à potência instalada nas centrais, 125.800kW em Vitória e 24.000kW no Caniçal, conclui-se que estas poderiam ter produzido 1100GWh (Vitória) e 120GWh (Caniçal) se tivessem operado em pleno durante todo o ano. Torna-se claro que esta situação é irreal uma vez que a procura de electricidade varia ao longo das 24 horas do dia e dos 365 dias do ano. Em todo o caso interessa determinar o factor de carga das centrais:

$$FC = \frac{\text{Produção efectiva}}{\text{Produção Maxíma atendendo à potencia instalada}} \qquad (2.1)$$

Temos: FC=0,40 (Vitória) e FC=0,53 (Caniçal).

Numa situação de conversão de uma central termoeléctrica de Fuelóleo para GN não será muito aconselhável converter todos os grupos em simultâneo. Numa primeira fase poder-se-iam converter cerca de 30% da potência efectiva instalada, correspondente aos grupos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 que perfazem 37.700kW. Nos dois anos seguintes seriam convertidos os grupos 7, 8, 9 e 10 totalizando 75.300kW (aproximadamente 60% da potência efectiva instalada). Finalmente nos 2 anos e meio seguintes seriam convertidos os grupos 11, 12, 13, 14 e 15 perfazendo os 125.800kW actualmente instalados. Para a central do Caniçal poder-se-ia considerar a totalidade dos 24.000kW convertidos à partida.

No ‘Ano 1’, atendendo ao factor de carga de 0,40 para a Central de Vitória, torna-se aceitável admitir que 60% da produção diária de electricidade nessa central possa ser realizada a partir do GN, apesar de o seu consumo só se efectuar em 30% da potência instalada. Da mesma forma se pode considerar que passados dois anos de projecto, e com 60% da potência da central a consumir GN, uma gestão criteriosa da operação dos grupos pode conduzir a que 85% da produção diária da central seja à custa do GN. Finalmente passados 4 anos e meio toda a produção da central se faz recorrendo ao GN.

Admitem-se a conversão dos primeiros 6 grupos no 'Ano 0' do projecto e que os restantes nove são convertidos ao longo dos 4 anos e meio (54 meses), sendo convertido e entrando em funcionamento cada novo grupo em intervalos de 6 meses.

- Central de Ciclo Combinado a GN

A partir do 'Ano 8' de projecto, admitindo que o actual sistema de produção termoeléctrico (EEM e privados) não sofreu alterações, o factor de carga associado às Centrais de Vitória de Caniçal aproxima-se dos 60%. Esta situação pode, em determinados períodos, tornar difícil satisfazer a procura de electricidade.

No período 2000-2020 o Cenário Baixo prevê um aumento em 84% da produção termoeléctrica na RAM. Estas projecções obrigam à necessidade de ampliar a actual estrutura de produção termoeléctrica por forma a garantir essa produção.

Considera-se a entrada em funcionamento de uma Central de Ciclo Combinado a GN no início do 'Ano 9' de projecto. Esta central teria uma potência instalada de 150.000kW e um rendimento de 0.60.

Por sua vez seriam retirados da Central de Vitória os grupos 1, 2 e 3, que por sua vez seriam instalados na Central Térmica do Porto Santo passando esta a dispor de 30.800kW de potência instalada contra as 13.800KW que dispunha. Estes grupos seriam reconvertidos para fuelóleo.

A ilha da Madeira passaria a ter uma potência instalada nas Centrais Térmicas de 282.800kW. Desta forma o factor de carga, global, para a produção térmica desce para aproximadamente 0.30, permitindo que a maior parte de produção eléctrica de origem térmica se processe na nova central. No ano 2015, 87,8% de toda a produção termoeléctrica faz-se por ciclo combinado a partir da nova central e no ano 2020 este valor desce para 82%.

- Rede de Distribuição do Funchal

A baixa do Funchal concentra a parcela mais significativa da capacidade hoteleira da RAM. Da mesma forma a cidade do Funchal concentra 42,4% de toda a população da RAM, sendo a densidade populacional de 1.500Hab./km2.

Admite-se que a construção da rede de distribuição do Funchal permita converter 50% do consumo de GPL dos sector da 'hotelaria' e 20% do consumo de GPL do sectores 'serviços diversos' e 'doméstico'.

Admite-se ainda a conversão para GN de 30% do consumo global de Fuelóleo, concentrado nos sectores 'hoteleiro', 'serviços diversos' e 'industria'.

A conversão do consumo de GPL no sector hoteleiro faz-se de uma forma gradual num período de 3 anos. As conversões dos GPL nos sectores 'serviços diversos' e 'doméstico' são realizados num horizonte de 20 anos.

As conversões de Fuel para GN seriam bastante acentuadas nos primeiros 3 anos de projecto em virtude da intervenção no sector 'hoteleiro', onde se concentra 71,6% da Procura Final neste recurso. Admite-se uma meta de 15% da Procura Final de fuelóleo convertido para GN nos primeiros 3 anos e os restantes 15% convertidos uniformemente ao longo dos restantes 17 anos de projecto.

Em resumo consideram-se os consumos:

- do Mercado Eléctrico;
- da Rede de Distribuição do Funchal que abastece, hotéis, serviços diversos (comércio, restauração, serviços públicos) e doméstico.

O investimento ao nível das infra-estruturas imputáveis ao projecto comporta:

- Um Terminal de GNL;
- Rede primária atravessando os Concelhos de Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz e Machico;
- Rede de Distribuição do Funchal.

4.3.1.2 Cenário II

Cenário II traduz uma ambição crescente do projecto de GNL relativamente ao Cenário I, partindo das estimativas de consumo do Cenário Alto. Consideram-se os seguintes consumidores:

- Central Térmica de Vitória e Central Térmica do Caniçal

Considera-se a intervenção idêntica à descrita no Cenário I.

- Central de Ciclo Combinado a GN

A entrada em serviço da nova Central de Ciclo Combinado teria que ser antecipada para o 'Ano 5' do projecto, em virtude do aumento mais acentuado das necessidades de produção termoeléctrica.

A potência da nova central passaria a ser de 180.000kW, em virtude do aumento da produção termoeléctrica no período 2000-2020 que se prevê de128%. Seriam desactivados da Central de Vitória os Grupos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 que passariam para a Central do Porto Santo. A ilha da Madeira passaria a dispor de uma potência termoeléctrica instalada de 292.100kW, dos quais cerca de 61,6% em ciclo combinado.

- Central Térmica do Porto Santo

Entrada em funcionamento no 'Ano 6' da Central Térmica do Porto Santo a GN composta pelos 1, 2, 3, 4, 5 e 6 anteriormente instalados na Central Térmica de Vitória. A potência instalada no Porto Santo seria de 37.700kW.

Os quatro grupos existentes na Central do Porto Santo seriam integrados como grupos de emergência a fuelóleo ou gasóleo para abastecimento de serviços mínimos (aeroportos, hospitais, centros de saúde) em caso de crise e impossibilidade de aprovisionamento de GN.

- Rede de Distribuição da RAM

A rede de distribuição abasteceria os concelhos de Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz e Machico. Nestes 4 concelhos concentram-se 77,6% da população da RAM e cerca de 80% dos residentes na ilha da Madeira.

O concelho do Porto Santo seria beneficiado igualmente com rede de distribuição a partir de uma Planta Satélite.

Admite-se que a construção da rede de distribuição da RAM permita converter 70% do consumo de GPL dos sector da 'hotelaria' e 40% do consumo de GPL do sectores 'serviços diversos' e 'doméstico'.

A conversão de 50% do consumo global de GPL no sector hoteleiro faz-se de uma forma gradual num período de 3 anos, sendo a restante conversão efectuada de forma uniforme nos 17 anos subsequentes. As restantes conversões dos GPL nos sectores 'serviços diversos' e 'doméstico' são levadas a cabo num horizonte de 20 anos.

Admite-se a conversão de 70% do consumo global de Fuelóleo. Consideram-se para os primeiros 3 anos de projecto a captação de 30% do consumo total de Fuelóleo e para os restantes 17 anos os outros 40%.

- Transportes Rodoviários

Admite-se que 5% da Procura de Energia Final no sector dos 'transportes' possa ser, no ano 2020, atribuída ao GN. Este consumo de GN observar-se-ia nos veículos de transporte rodoviários.

Considera-se a implantação no 'Ano 0' de um posto de enchimento de veículos no Terminal de GNL. A disseminação de postos de enchimento pela RAM far-se-ia de uma forma uniforme ao longo de 20 anos, potenciando o aparecimento de frotas de transporte colectivo, frotas de empresa e um crescente número de automóveis particulares movidos a GN.

Em resumo consideram-se os consumos:

- do Mercado Eléctrico (Madeira e Porto Santo);
- da Rede de Distribuição da RAM – Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz, Machico e Porto Santo - que abastece, hotéis, serviços diversos (comércio, restauração, serviços públicos) e doméstico;
- do sector dos 'transportes' (veículos de transporte rodoviário).

O investimento ao nível das infra-estruturas imputáveis ao projecto comporta:

- Um Terminal de GNL;
- Planta Satélite do Porto Santo;
- Rede primária atravessando os Concelhos de Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz e Machico;
- Rede de Distribuição - Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz, Machico e Porto Santo.

4.3.1.3 Cenário III

Cenário III reflecte um aproveitamento integrado das potencialidades do projecto de GNL, promovendo distribuição de GNL, GN e frio, partindo das estimativas de consumo do Cenário Voluntarista e partilhando as suas ambições. Consideram-se as intervenções:

- Central Térmica de Vitória e Central Térmica do Caniçal

Considera-se a intervenção idêntica à descrita no Cenário I.

- Central de Ciclo Combinado a GN

Considera-se a intervenção idêntica à descrita no Cenário I.

- Central Térmica do Porto Santo

Considera-se e entrada em funcionamento no 'Ano 9' da ampliação de capacidade da Central Térmica do Porto Santo. Os Grupos 1, 2 e 3 seriam retirados da Central de Vitória e passariam a operar na central do Porto Santo. Assim, dispor-se-ia de um potência de 17.000kW a queimar GN e 13.800kW a fuel e gasóleo. Os grupos seriam todos convertidos para GN num horizonte de 2 anos.

- Rede de Distribuição da RAM

Considera-se a intervenção idêntica à descrita no Cenário II, prevendo o fornecimento de GN à cidade de Santana a partir de uma Planta Satélite.

Admite-se que a construção da rede de distribuição da RAM permita converter 75% do consumo de GPL dos sector da 'hotelaria' e 50% do consumo de GPL do sectores 'serviços diversos' e 'doméstico'.

A conversão de 50% do consumo global de GPL no sector hoteleiro faz-se de uma forma gradual num período de 3 anos, sendo a restante conversão efectuada de forma uniforme nos 17 anos subsequentes. As restantes conversões dos GPL nos sectores 'serviços diversos' e 'doméstico' são levadas a cabo num horizonte de 20 anos.

Admite-se a conversão de 75% da Procura Final de fuelóleo, uniformemente, ao longo dos anos 2000-2020.

- Rede de Frio para Refrigeração

Considera-se a implementação de uma rede de frio, para fornecimento de uma potência de refrigeração de 2,40 MW (ver 3.1.4.1) permitindo deduzir um consumo eléctrico de aproximadamente 600 tep.

Esta rede iria servir uma infra-estrutura de processamento alimentar, por exemplo um mercado abastecedor, instalado nas imediações do Terminal de GNL.

Este sistema entraria em funcionamento no 'Ano 11' do projecto.

- Rede de Frio para Climatização

Considera-se a implementação de uma rede de frio para climatização dos hotéis da cidade do Funchal. Esta rede, tendo em conta o local onde seria implementada, teria condições de abastecer uma grande parte da capacidade hoteleira da RAM.

Esta rede seria construída a partir do Terminal de GNL (Socorridos), fornecendo uma potência de refrigeração de 1,60 MW (ver 3.1.4.2), permitindo deduzir um consumo eléctrico de aproximadamente 400 tep.

Este sistema começaria a operar no 'Ano 11' do projecto, estando concluída a sua implementação 5 anos após.

- Transportes Rodoviários

Admite-se, em relação ao Cenário II, que 6% da Procura de Energia Final no sector dos 'transportes' possa ser, no ano 2020, atribuída ao GN. Este consumo de GN observar-se-ia nos veículos de transporte rodoviários e eventualmente algum transporte marítimo (ver 2.7.3.2).

Considera-se a implantação no 'Ano 0' de um posto de enchimento de veículos no Terminal de GNL. As plantas satélite do Porto Santo e Santana seriam igualmente dotadas de postos de enchimento rápidos. A evolução da implementação de GNV na RAM seria análoga à descrita para o Cenário II.

Em resumo consideram-se os consumos:

- de GN para o Mercado Eléctrico (Madeira e Porto Santo);
- de GN, na Rede de Distribuição da RAM – Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz, Machico, Porto Santo e Santana;
- de frio, para refrigeração - indústria de processamento alimentar;
- de frio, para climatização – rede de 'district cooling' do Funchal;
- do sector dos 'transportes' (veículos de transporte rodoviário e marítimo).

O investimento ao nível das infra-estruturas imputáveis ao projecto comporta:

- Um Terminal de GNL;
- Planta Satélite do Porto Santo;
- Planta Satélite de Santana;
- Rede primária atravessando os Concelhos de Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz e Machico;
- Rede de Distribuição - Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz, Machico e Porto Santo;
- Rede de 'district cooling' do Funchal.

4.3.2 Projecções para os Cenários I, II e III

De acordo com as descrições dos Cenários I, II e III e, integrando as metas estabelecidas nas projecções para o sector da energia para os 2000-2020 extrapoladas do PPERAM, é possível apresentar os dados de partida para a dimensionamento do projecto.

Os Quadros 4.19 a 4.27 apresentam para os Cenários I, II e III as Projecções Procura de Energia Final por Produtos, Projecções para a Produção Eléctrica e Projecções para a Procura de Energia Primária por Produtos, no período 2000-2020 na RAM.

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Energia eléctrica	47 276	59 669	71 146	80 487	91 228
Fuelóleo	7 351	5 194	3 954	3 438	3 101
Gasóleo	91 232	116 990	127 561	135 995	142 077
Gasolina	47 268	60 831	66 985	72 065	75 668
Gás Natural	1 309	5 059	6 936	9 100	11 139
GPL	25 813	27 353	29 647	31 053	30 878
Jet A1	14 419	15 920	17 577	18 895	19 807
Biomassa e resíduos	12 066	10 473	10 564	9 741	9 091
Solar	1 064	1 869	2 626	3 002	3 378
Total	247 798	303 358	336 996	363 776	386 367

Quadro 4.19 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por produtos para o Cenário I – 2000-2020

Origem da Produção	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Térmica (Fuel e Gasóleo)	17 533	2 470	3 010	3 417	3 870
Térmica (GN – Turbina a Vapor)	28 205	51 221	3 556	8 618	14 252
Térmica (GN – Ciclo Combinado)	---	---	58 872	62 247	66 002
Hídrica	7 826	10 174	11 191	11 700	12 209
Eólica	1 019	1 324	1 457	1 523	1 589
Biomassa e resíduos	---	3 440	3 440	3 440	5 160
Total	54 583	68 629	81 526	90 945	103 082

Quadro 4.20 – Projecções de Produção de Energia Eléctrica para o Cenário I – 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Fuelóleo	49 068	10 533	10 597	11 064	11 821
Gasóleo	91 858	117 616	127 561	135 995	142 077
Gasolina	47 268	60 831	66 985	72 065	75 668
Gás Natural	69 602	129 081	113 666	133 712	155 651
GPL	25 813	27 353	29 647	31 053	30 878
Jet A1	14 419	15 920	17 577	18 895	19 807
Hídrica	7 826	10 174	11 191	11 700	12 209
Eólica	1 019	1 324	1 457	1 523	1 589
Biomassa e resíduos	12 066	13 913	14 004	13 181	14 251
Solar	1 064	1 869	2 626	3 002	3 378
Total	320 003	388 614	395 311	432 190	467 329

Quadro 4.21 – Projecções da Procura de Energia Primária na RAM, por produtos para o Cenário I – 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Energia eléctrica	47 276	66 362	89 936	102 091	116 505
Fuelóleo	7 480	5 506	3 679	2 496	1 535
Gasóleo	91 014	127 343	148 472	158 635	163 681
Gasolina	47 156	65 426	76 926	84 411	87 567
Gás Natural	1 714	10 310	19 393	29 199	38 811
GPL	25 609	28 390	31 145	30 874	28 276
Jet A1	14 419	16 716	19 378	21 422	22 502
Biomassa e resíduos	12 066	9 741	9 091	8 831	8 570
Solar	1 064	2 194	3 378	4 510	5 642
Total	247 798	331 988	401 398	442 469	473 089

Quadro 4.22 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por produtos para o Cenário II – 2000-2020

Origem da Produção	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Térmica (Fuel e Gasóleo)	17 533	---	---	---	---
Térmica (GN – Turbina a Vapor)	28 205	2 811	10 873	16 539	23 883
Térmica (GN – Ciclo Combinado)	---	58 293	72 493	75 990	80 521
Hídrica	7 826	10 174	12 209	14 262	15 441
Eólica	1 019	1 324	1 589	2 115	4 060
Biomassa e resíduos	---	3 440	5 160	6 450	7 740
Total	54 583	76 042	102 324	115 356	131 645

Quadro 4.23– Projecções de Produção de Energia Eléctrica para o Cenário II – 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Fuelóleo	49 197	4 880	3 053	1 870	909
Gasóleo	91 640	127 343	148 472	158 635	163 681
Gasolina	47 156	65 426	76 926	84 411	87 567
Gás Natural	70 007	114 271	166 542	195 895	230 841
GPL	25 609	28 390	31 145	30 874	28 276
Jet A1	14 419	15 920	17 577	18 895	19 807
Hídrica	7 826	10 174	12 209	14 262	15 441
Eólica	1 019	1 324	1 589	2 115	4 060
Biomassa e resíduos	12 066	13 181	14 251	15 281	16 310
Solar	1 064	2 194	3 378	4 510	5 642
Total	320 003	383 103	475 142	526 748	572 534

Quadro 4.24 – Projecções da Procura de Energia Primária na RAM, por produtos para o Cenário II – 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Energia eléctrica	47 276	62 651	78 812	91 792	104 792
Fuelóleo	7 462	4 916	2 913	1 851	1 026
Gasóleo	90 925	122 297	136 889	146 391	150 147
Gasolina	47 110	62 682	70 553	75 838	7 8206
Gás Natural	1 971	11 641	21 175	31 280	41 874
GPL	25 506	25 776	25 331	22 577	19 400
Jet A1	14 419	16 109	17 969	20 344	21 361
Biomassa e resíduos	12 066	9 474	8 570	8 142	7 734
Solar	1 064	3 286	5 642	7 245	8 847
Total	247 799	318 832	367 854	405 460	433 387

Quadro 4.25 – Projecções da Procura de Energia Final na RAM, por produtos para o Cenário III – 2000-2020

Origem da Produção	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Térmica (Fuel e Gasóleo)	17 533	2 312	---	---	---
Térmica (GN – Turbina a Vapor)	28 205	47 941	4 789	12 369	20 348
Térmica (GN – Ciclo Combinado)	---	---	57 775	62 453	67 376
Hídrica	7 826	14 262	15 441	16 213	16 985
Eólica	1 019	2 115	4 060	5 075	6 090
Biomassa e resíduos	---	5 160	7 740	7 740	7 740
Total	54 583	71 790	89 805	103 850	118 539

Quadro 4.26 – Projecções de Produção de Energia Eléctrica para o Cenário III – 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Fuelóleo	49 178	9 874	2 913	1 851	1 026
Gasóleo	91 551	122 923	136 889	146 391	150 147
Gasolina	47 110	62 682	70 553	75 838	78 206
Gás Natural	70 264	127 721	129 062	165 317	203 436
GPL	25 506	25 776	25 331	22 577	19 400
Jet A1	14 419	16 109	17 969	20 344	21 361
Hídrica	7 826	14 262	15 441	16 213	16 985
Eólica	1 019	2 115	4 060	5 075	6 090
Biomassa e resíduos	12 066	14 634	16 310	15 882	15 474
Solar	1 064	3 286	5 642	7 245	8 847
Total	320 003	399 382	424 170	476 733	520 972

Quadro 4.27 – Projecções da Procura de Energia Primária na RAM, por produtos para o Cenário III – 2000-2020

4.3.3 Projecções para a Procura de GN

Os gráficos 4.1, 4.2 e 4.3 apresentam as projecções da Procura de GN para os Cenários I, II e III. Neles é visível uma descontinuidade nas Procura Primária e Procura para Produção Eléctrica de GN. Estas descontinuidades devem-se à entrada em serviço das Centrais Termoeléctricas de Ciclo Combinado a GN que, por terem melhores rendimentos, permitem reduzir a Procura Primária sem prejuízo da Procura Final de energia. Desta forma identificam-se para os Cenários I e III o ano de 2008 como o início de actividade da nova central termoeléctrica. Para o Cenário II constata-se o ano de 2005 para entrada em funcionamento da nova central termoeléctrica.

Outro dado que se pode constatar dos gráficos 4.1, 4.2 e 4.3 é o facto de a Procura Final de GN ter muito menos expressão que a Procura para Produção Eléctrica de GN. A Procura final de GN representa, no ano 2020, 7,1%, 16,8% e 20,0% da Procura Primária de GN para os Cenários I, II e III respectivamente. Assim, o peso relativo da Procura Final de GN na Procura Primária é tanto maior quanto mais ambiciosas são as metas que se atribuem ao projecto.

A importância que assume a Procura para Produção Eléctrica de GN faz com que a viabilidade do projecto esteja fortemente correlacionada com este aspecto. O sistema electro-produtor da RAM configura-se como o *cliente âncora* do qual depende o interesse que o projecto possa suscitar. Esta situação encontra paralelo com o projecto de GN levado a cabo em território continental, para o qual a Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado da Tapada do Outeiro constituiu o *cliente âncora*.

O Quadro 4.28 apresenta para os 3 cenários os valores da Procura Final e Primária de GN para a RAM no período 2000-2020. A informação contida no Quadro 4.28 representa os dados de partida para o dimensionamento das infra-estruturas de um projecto de GNL.

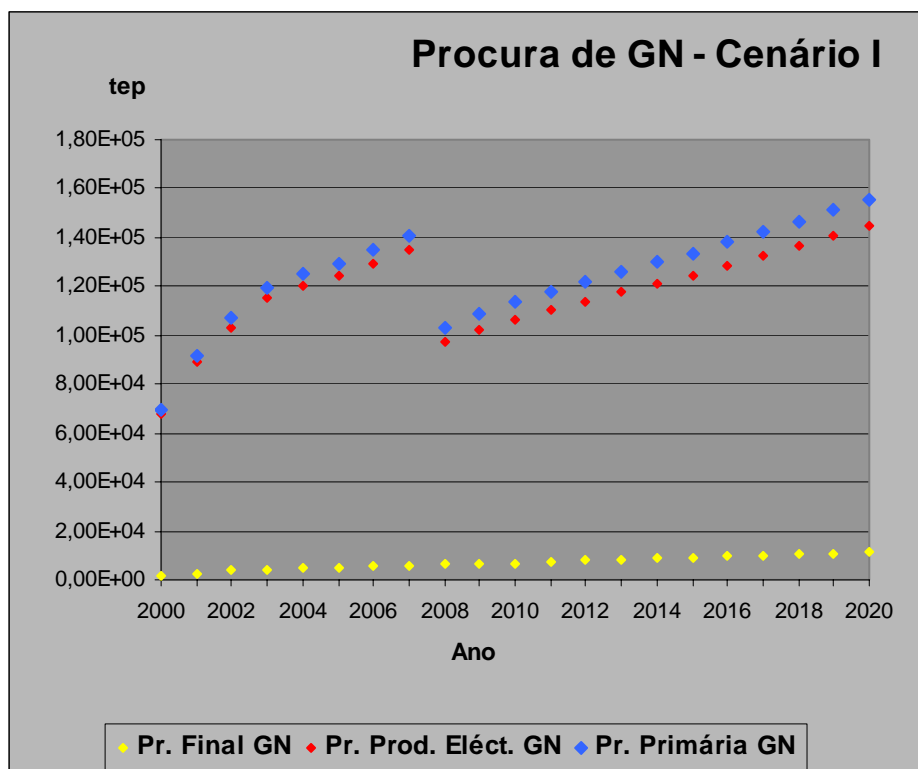



Gráfico 4.1

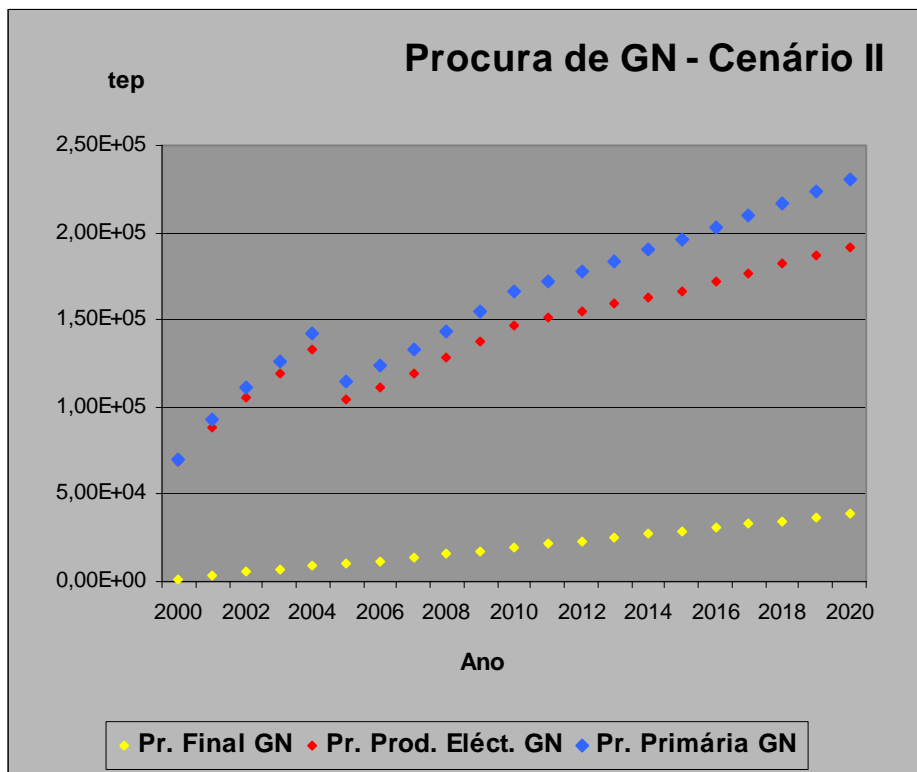



Gráfico 4.2

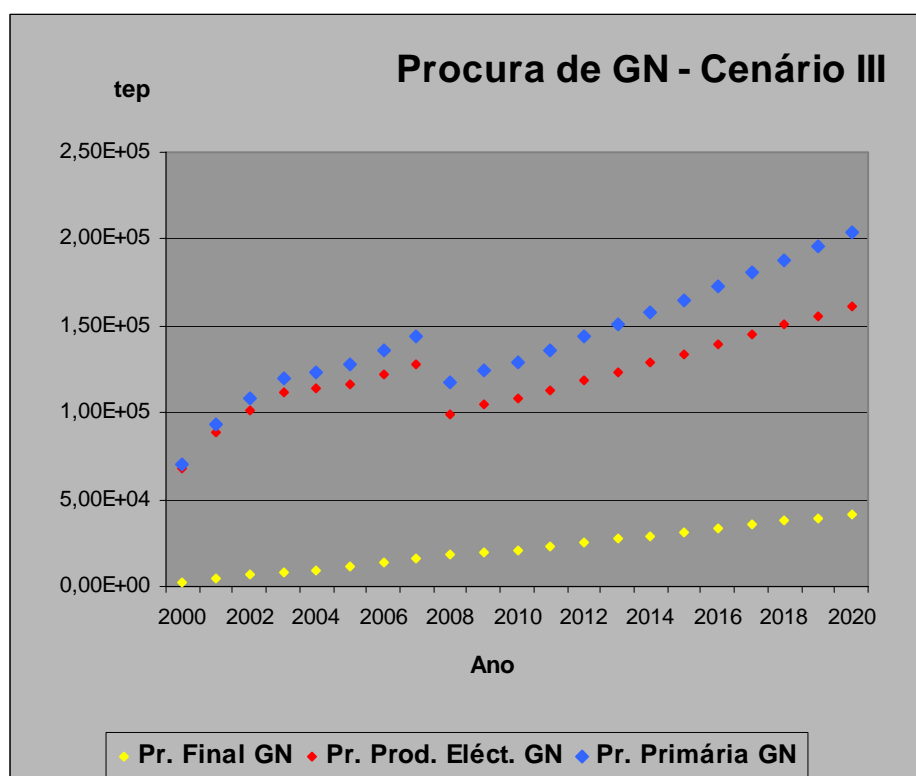



Gráfico 4.3

	Cenário I		Cenário II		Cenário III	
	Procura Final de GN [tep]	Procura Primária de GN [tep]	Procura Final de GN [tep]	Procura Primária de GN [tep]	Procura Final de GN [tep]	Procura Primária de GN [tep]
2000	**1309**	**69603**	**1714**	**70008**	**1971**	**70264**
2001	2652	91521	3603	92473	4088	92957
2002	4029	106907	5667	111284	6352	107959
2003	4363	119764	7118	126629	8023	119932
2004	4706	125055	8666	142070	9786	123781
2005	**5059**	**129081**	**10310**	**114271**	**11641**	**127722**
2006	5417	134866	11976	123512	14115	136345
2007	5784	140660	13717	132829	16065	144445
2008	6159	103389	15534	143685	18070	117158
2009	6543	108523	17426	155075	20130	124471
2010	**6936**	**113666**	**19393**	**166541**	**21174**	**129062**
2011	7350	117657	21252	172310	23117	136235
2012	7774	121657	23161	178130	25099	143447
2013	8207	125666	25123	184001	27120	150698
2014	8649	129685	27135	189923	29181	157988
2015	**9100**	**133712**	**29199**	**195897**	**31280**	**165318**
2016	9499	138091	31067	202832	33339	172882
2017	9902	142474	32963	209793	35428	180476
2018	10310	146862	34886	216782	37547	188099
2019	10722	151254	36835	223797	39696	195753
2020	**11139**	**155651**	**38811**	**230839**	**41874**	**203436**

Quadro 4.28 – Projecções da Procura Final e Primária de GN na RAM – 2000-2020, Cenários I, II e III

5 Caracterização das infra-estruturas do Projecto de GN

No segundo capitulo caracterizou-se, de uma forma genérica, o tipo de infra-estruturas necessárias para um projecto de GN numa ilha. Foram focados aspectos relacionados com o transporte de GNL (marítimo e terrestre), a armazenagem e regaseificação, o transporte e distribuição do GN e, finalmente, as suas aplicações.

No terceiro e quarto capítulos caracterizou-se a RAM nos diversos aspectos que influenciam um projecto de GN. Foram abordados no subcapitulo 4.3.1 os diferentes cenários para a implementação de um projecto de GN na RAM indicando, para cada um deles, as infra-estruturas a construir directamente imputáveis ao projecto.

Ao longo deste capitulo pretende-se integrar os três anteriores, determinando as características das infra-estruturas não de um modo genérico mas, aplicado concretamente aos cenários descritos no subcapitulo 4.3.1, de acordo com as características da RAM.

Consideram-se as seguintes infra-estruturas imputáveis ao projecto:

- Um Terminal de GNL – Cenário I, II e III;
- Planta Satélite do Porto Santo – Cenários II e III;
- Planta Satélite de Santana – Cenário III;
- Rede Primária da RAM – Cenários I, II e III;
- Rede de Distribuição da RAM – Cenários I, II e III;
- Rede de 'district cooling' do Funchal – Cenário III.

As Centrais Termoeléctricas, as redes interiores (instalações), as operações de conversão, as aplicações do GN e frio, ainda que parte integrante do sistema não devem ser directamente imputadas ao projecto. A opção pelo GN por parte de um determinado consumidor reflecte as vantagens já referidas no subcapitulo 2.7. As aplicações de GN são infra-estruturadas em propriedade privada, isto é, legalmente, as responsabilidades cabem aos proprietários e não às concessionárias ligadas ao projecto.

Muitos dos aspectos referidos neste capitulo foram anteriormente abordados no capitulo 2; alguns são genéricos e serão abordados superficialmente, outros são específicos e constituem o objecto deste capitulo. Neste ponto de vista, será dado mais ênfase aos aspectos do Terminal da ilha da Madeira, das Plantas Satélite da RAM e da rede de frio do Funchal. As redes de transporte e distribuição de GN, neste caso concreto, pouco têm de especifico, como tal a sua abordagem será mais resumida.

5.1 O Terminal da RAM

O Terminal de Recepção, Armazenagem e Regaseificação, a colocar na RAM para a implementação de um projecto de GNL, deverá ter algumas das características gerais apontadas no subcapitulo 2.3. No entanto, dependendo das características intrínsecas da RAM, incluindo o mercado potencial do qual se estimaram consumos de GN, existem determinados aspectos que são específicos. Referimo-nos a:

- Capacidade de armazenagem – volume do(s) reservatório(s);
- Capacidade de regaseificação:

- Emissão média;
- Emissão de ponta;

➢ Sistemas de regaseificação - aproveitamento do frio do GNL;

➢ Capacidade dos metaneiros a receber;

Estes parâmetros são determinantes para a selecção das bombas primárias e secundárias de GNL, dos vaporizadores, dos compressores de 'boil-off', das bombas de captação de água, dos braços de descarga, etc. Por outro lado as características do terminal e os consumos, cujas estimativas foram realizadas no final do capitulo 4, determinam as perdas de operação de GN. O objecto deste subcapitulo é a caracterização dos aspectos referidos atrás, que definem o Terminal de GNL a colocar na RAM e o seu custo.

5.1.1 Capacidade de armazenagem

A determinação da capacidade de armazenagem de um terminal está relacionada com dois factores essenciais: a capacidade dos metaneiros a receber e as emissões previstas. Considera-se frequentemente como factor determinante a capacidade dos navios.

Como já foi referido no subcapitulo 2.2 o tipo habitual de contrato de aprovisionamento de GNL prevê por um lado a compra e por outro o transporte desde a planta de liquefacção até ao terminal. O transporte prevê a carga de GNL do metaneiro e a entrega dessa carga no terminal, devendo o terminal estar apto a recebe-la integralmente

O facto de os metaneiros, de um modo geral, descarregarem a totalidade da sua carga de GNL num único terminal está mais ligada a aspectos contratuais e não técnicos. Com efeito, à excepção dos primeiros metaneiros de membrana do tipo Technigaz e Gaz Transport, todos eles permitem realizar descargas parciais de GNL mediante alguns procedimentos. Os metaneiros do tipo Moss-Rosenberg, assim como os modernos GTT (Gaz Tansport & Technigaz), podem fazer descargas parciais havendo no entanto a necessidade de fazer recirculação de GNL para manter uniformes as temperaturas nas paredes dos reservatórios, sempre que o nível desça abaixo dos 50%. Foi possível constatar este facto no decorrer de uma trasfega no terminal de Cartagena (Espanha) que, na altura, dispunha de apenas um reservatório de 65.000m^3 e recebeu por completo a carga do metaneiro 'Gimi' (ver Anexo A3) cuja capacidade é de 125.000m^3. No decorrer do processo o metaneiro descarregou metade da sua carga de GNL, retornou ao alto mar e passados alguns dias atracou de novo para descarregar o restante.

A outra razão, pela qual se determina a capacidade de armazenagem de um terminal com base nas capacidades dos metaneiros, deve-se ao facto de as emissões serem suficientemente elevadas, ou seja, o GNL regaseificado permite que as evaporações ('boil-off') possam ser recuperadas por recondensação (ver 2.3.2.1). Desta forma os terminais podem operar sem perdas de GN desnecessárias, reduzindo o impacte ambiental e melhorando o desempenho energético.

Importa salientar que no caso concreto de um arquipélago ou ilha com consumos baixos a realidade torna-se um pouco diferente. Numa ilha como a Madeira não faz sentido construir um terminal com uma capacidade de armazenagem capaz de receber o volume (de GNL) total de um metaneiro de grandes dimensões. Isto é, para descarregar um navio com 130.000m^3 de GNL, por exemplo, teríamos que ter um ou mais reservatórios cuja capacidade global superasse a capacidade do metaneiro. Com uma capacidade de armazenagem desta ordem de grandeza -150.000m^3 - as evaporações diárias produzidas não seriam re-aproveitáveis, o que conduziria a elevadas perdas de exploração e, por conseguinte, perda de rentabilidade e prejuízo ambiental.

Para a RAM o factor determinante da capacidade de armazenagem do terminal é a emissão. Do ponto de vista estratégico, a regulamentação comunitária aponta para que as reservas estratégicas de combustível permitam uma autonomia de 35

dias. O Quadro 5.1 apresenta o consumo anual de GN e GNL do Terminal da RAM para os Cenários I, II e III. O Quadro 5.2 aponta a autonomia média e o número anual da abastecimentos, para um tanque de 40.000m³ de armazenagem para os Cenários I, II e III.

	Cenário I		Cenário II		Cenário III	
	Consumo anual de GN [m³(n)]	Consumo anual de GNL [m³]	Consumo anual de GN [m³(n)]	Consumo anual de GNL [m³]	Consumo anual de GN [m³(n)]	Consumo anual de GNL [m³]
2000	**73535860**	**127888**	**73964522**	**128634**	**74235076**	**129104**
2001	96693214	168162	97698635	169911	98210487	170801
2002	112947990	196431	117572855	204475	114059709	198365
2003	126532344	220056	133784730	232669	126709620	220365
2004	132121622	229777	150098482	261041	130776095	227437
2005	**136375838**	**237175**	**120728441**	**209963**	**134939780**	**234678**
2006	142487887	247805	130491871	226942	144050201	250522
2007	148609046	258451	140334890	244061	152607604	265405
2008	109231216	189967	151804901	264009	123778523	215267
2009	114655806	199401	163839025	284937	131505186	228705
2010	**120089506**	**208851**	**175952739**	**306005**	**136355258**	**237140**
2011	124305820	216184	182047402	316604	143933598	250319
2012	128531885	223534	188196190	327298	151553231	263571
2013	132767701	230900	194399101	338085	159214156	276894
2014	137013268	238284	200656136	348967	166916374	290289
2015	**141268585**	**245684**	**206967295**	**359943**	**174659885**	**303756**
2016	145894565	253730	214293926	372685	182651530	317655
2017	150525420	261783	221648899	385476	190674652	331608
2018	155161151	269845	229032215	398317	198729249	345616
2019	159801757	277916	236443874	411207	206815322	359679
2020	**164447239**	**285995**	**243883876**	**424146**	**214932870**	**373796**

Quadro 5.1 – Consumo de GN e GNL do Terminal da RAM – Cenários I, II e III.

Embora a capacidade de armazenagem dos terminais existentes não seja utilizada como reserva estratégica, a autonomia de 35 dias poderá ser aceite como critério de ilegibilidade para a sua determinação.

Considera-se que o hipotético terminal da RAM terá a sua capacidade de armazenagem constituída por um reservatório com capacidade útil de 40.000m³ de GNL. Neste caso satisfaz-se o critério de autonomia adoptado para o cenário mais desfavorável e, como adiante se irá constatar, a presente solução traz algumas vantagens adicionais ao nível do aprovisionamento de GNL.

Poder-se-ia também considerar a implementação, em fases distintas, de dois tanques de GNL de capacidade útil de 20.000 m³. Esta solução seria mais dispendiosa não só em equipamentos mecânicos como em disponibilidade de terrenos, em todo caso traria benefícios em termos de operacionalidade e faseamento de investimentos. Para efeitos do presente estudo considera-se um único tanque mantendo em vista a alternativa apresentada de dois tanques.

	Cenário I					Cenário II					Cenário III				
	20.000 m³			40.000 m³		20.000 m³			40.000 m³		20.000 m³			40.000 m³	
	Nr. Reser.	Auton.	Nr. Trans.	Auton.	Nr. Trans.	Nr. Reser.	Auton.	Nr. Trans.	Auton.	Nr. Trans.	Nr. Reser.	Auton.	Nr. Trans.	Auton.	Nr. Trans.
	[unid.]	[dias]	[unid.]	[dias]	[unid.]	[unid.]	[dias]	[unid.]	[dias]	[unid.]	[unid.]	[dias]	[unid.]	[dias]	[unid.]
2000	**1**	**57**	**6**	**114**	**3**	**1**	**57**	**6**	**114**	**3**	**1**	**56**	**6**	**113**	**3**
2001	1	43	8	87	4	1	43	8	86	4	1	42	8	85	4
2002	1	37	10	74	5	1	35	10	71	5	1	37	10	74	5
2003	1	33	12	66	6	1	31	12	63	6	1	33	12	66	6
2004	1	32	12	64	6	1	28	14	56	7	1	32	12	64	6
2005	**1**	**31**	**12**	**62**	**6**	**1**	**35**	**10**	**70**	**5**	**1**	**31**	**12**	**62**	**6**
2006	1	29	12	59	6	1	32	12	64	6	1	29	12	58	6
2007	1	28	12	56	6	1	30	12	60	6	1	27	14	55	7
2008	1	38	10	77	5	1	27	14	55	7	1	34	10	68	5
2009	1	36	10	73	5	1	25	14	51	7	1	32	12	64	6
2010	**1**	**35**	**10**	**70**	**5**	**2**	**48**	**8**	**48**	**8**	**1**	**31**	**12**	**62**	**6**
2011	1	34	10	68	5	2	46	8	46	8	1	29	12	58	6
2012	1	32	12	65	6	2	45	8	45	8	1	27	14	55	7
2013	1	31	12	63	6	2	43	8	43	8	1	26	14	53	7
2014	1	30	12	61	6	2	42	9	42	9	1	25	14	50	7
2015	**2**	**59**	**6**	**59**	**6**	**2**	**41**	**9**	**41**	**9**	**2**	**48**	**8**	**48**	**8**
2016	2	58	6	58	6	2	39	9	39	9	2	46	8	46	8
2017	2	56	7	56	7	2	38	10	38	10	2	44	8	44	8
2018	2	54	7	54	7	2	37	10	37	10	2	42	9	42	9
2019	2	53	7	53	7	2	36	10	36	10	2	41	9	41	9
2020	**2**	**51**	**7**	**51**	**7**	**2**	**34**	**11**	**34**	**11**	**2**	**39**	**9**	**39**	**9**

Quadro 5.2 – Autonomia média e Número anual de trasfegas a realizar para o Terminal da RAM, para os casos de unidades de armazenagem de 20.000 m³ e 40.000 m³ – Cenários I, II e III.

O Quadro 5.3 apresenta, de uma forma genérica, as características do(s) tanque(s) adoptado.

Características do Tanque		20.000 m³	40.000 m³
Capacidade unitária	[m³]	23.000	45.000
Capacidade útil	[m³]	20.000	40.000
Diâmetro do tanque exterior	[m]	36,0	52,5
Diâmetro do tanque interior	[m]	33,5	49,5
Altura do tanque exterior	[m]	31,0	31,0
Altura do tanque interior	[m]	26,5	26,5
‘Boil-off’ máximo	[%]	0,05	0,05
Pressão máxima de serviço	[mbarg]	250	250
Pressão de disparo das válvulas de segurança	[mbarg]	290	290
Temperatura de serviço	[ºC]	-170	-170
Número de poços		3	3

Quadro 5.3

5.1.2 Capacidades de emissão

É sabido que a emissão ao longo do ano varia, no entanto, para efeitos de projecto considera-se que o Terminal de GNL da RAM emite durante as 8.760 horas do ano um caudal horário constante. Neste caso consideram-se os valores previstos para o 'Ano 20' na situação mais desfavorável. O Quadro 5.4 indica os valores de emissão média para os três cenários considerados.

	Cenário I		Cenário II		Cenário III	
	Emissão Média- GN [m³(n)/h]	Emissão Média-GNL [m³/h]	Emissão Média- GN [m³(n)/h]	Emissão Média-GNL [m³/h]	Emissão Média- GN [m³(n)/h]	Emissão Média-GNL [m³/h]
2000	**8395**	**14,60**	**8443**	**14,68**	**8474**	**14,74**
2001	11038	19,20	11153	19,40	11211	19,50
2002	12894	22,42	13422	23,34	13021	22,64
2003	14444	25,12	15272	26,56	14465	25,16
2004	15082	26,23	17135	29,80	14929	25,96
2005	**15568**	**27,07**	**13782**	**23,97**	**15404**	**26,79**
2006	16266	28,29	14896	25,91	16444	28,60
2007	16965	29,50	16020	27,86	17421	30,30
2008	12469	21,69	17329	30,14	14130	24,57
2009	13089	22,76	18703	32,53	15012	26,11
2010	**13709**	**23,84**	**20086**	**34,93**	**15566**	**27,07**
2011	14190	24,68	20782	36,14	16431	28,58
2012	14673	25,52	21484	37,36	17301	30,09
2013	15156	26,36	22192	38,59	18175	31,61
2014	15641	27,20	22906	39,84	19054	33,14
2015	**16127**	**28,05**	**23626**	**41,09**	**19938**	**34,68**
2016	16655	28,96	24463	42,54	20851	36,26
2017	17183	29,88	25302	44,00	21767	37,85
2018	17712	30,80	26145	45,47	22686	39,45
2019	18242	31,73	26991	46,94	23609	41,06
2020	**18773**	**32,65**	**27841**	**48,42**	**24536**	**42,67**

Quadro 5.4 – Emissão média de GN e GNL para o Terminal da RAM– Cenários I, II e III.

Considera-se a emissão de ponta 2,0 vezes a emissão média anual. Na situação mais desfavorável a emissão média é de 48,42m³(GNL)/h, admitindo-se a emissão de ponta de 100,00m³(GNL)/h.

5.1.2.1 Bombagem

Para um terminal de GNL os sistemas de bombagem e vaporização são modulares, isto é, o caudal das bombas primárias deve ser igual aos das bombas secundárias e por sua vez equivalente ao caudal de um vaporizador de água de mar.

Os caudais das bombas normalmente utilizadas nos terminais vão de 84 a 250m³(GNL)/h. Como se constata no Quadro 5.4 estes valores são muito elevados.

Admitiu-se que o(s) tanque(s) dispõe(m) de 3 poços (Quadro 5.3). Dois deles deverão poder garantir a emissão do terminal na situação mais desfavorável e o terceiro funcionaria como reserva. A situação mais desfavorável são os 100,0m^3(GNL)/h correspondentes à emissão de ponta no 'Ano 20' do 'Cenário II'. Assim sendo devem-se seleccionar bombas com capacidade de 50,0m^3(GNL)/h, aproximadamente 28.800m^3(n)/h de GN.

As bombas para GNL podem funcionar em continuo com um caudal mínimo 30% do seu valor nominal. Isto significa que, nas situações de consumo mínimo ('Ano 1' de qualquer dos cenários) uma das bombas pode satisfazer a emissão sem necessidade de ter de promover demasiada recirculação de GNL.

Concluindo, o terminal da RAM deveria ser equipado com 3 bombas primárias e 3 bombas secundárias com caudais de 50,0m^3(GNL)/h. As bombas primárias elevam a pressão até cerca de 9,0barg e as bombas secundárias até cerca de 20,0barg. O Quadro 5.5 apresenta as características das bombas primárias e secundárias.

Características das Bombas		Primárias	Secundárias
Caudal	[m^3(n)/h]	28.800	28.800
Caudal	[m^3(GNL)/h]	50,0	50,0
Altura de coluna de água	[m]	114	250
Altura de coluna de GNL	[m]	250	545
Potência do motor	[kW]	25	43

Quadro 5.5

O Quadro 5.5 refere as características das bombas para um Tanque de 40.000 m^3 sendo de notar que no caso de colocação de Tanques de 20.000 m^3, também com 3 poços, as bombas deverão ser de metade do caudal, isto é, aproximadamente 25,0m^3(GNL)/h.

5.1.2.2 Recuperação das evaporações

Uma das operações que decorre entre os circuitos primários e secundários de bombagem é a recuperação das evaporações ou recuperação do 'boil-off'. O 'boil-off' pode ser produzido no interior do tanque em operação normal ou numa trasfega de GNL.

No Quadro 5.3 refere-se que a taxa máxima diária de 'boil-off' do tanque seria de 0,05% do volume de GNL armazenado. O Quadro 5.6 apresenta o 'boil-off' a recuperar num tanque de capacidade útil de 40.000m^3 de GNL dependendo do nível de enchimento.

'Boil-off' horário em função da taxa de enchimento do Tanque [m3(n)/h]									
10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
54	108	162	216	268	323	377	431	485	539

Quadro 5.6

O sistema de recuperação de evaporações, independentemente de quaisquer considerações de modularidade que se possam tecer, deve ser projectado para a armazenagem máxima do Terminal, isto é, no caso de colocação de Tanques de 20.000 m^3 de capacidade estes sistemas já devem prever a ampliação da capacidade de armazenagem do Terminal de GNL.

Numa trasfega de GNL o 'boil-off' produzido depende fundamentalmente da capacidade do metaneiro (ver Quadro 5.7).

Capacidade do metaneiro [m³]	Produção de 'boil-off' [m³(n)/h]	Produção de 'boil-off' [kg/h]
135.000	8.777	6.700
70.000	4.585	3.500
40.000	2.882	2.200

Quadro 5.7

Os dados referidos no Quadro 5.7 partem de dois pressupostos: primeiro, os metaneiros descarregam totalmente a sua carga; segundo, a trasfega demora 11 horas. Neste caso, independentemente do navio, não é possível descarregar mais do que 40.000m³ de GNL devido à capacidade de armazenagem do Terminal. Logo, admitindo as 11 horas de operação, a taxa de 'boil-off' produzida na trasfega não deverá ser superior aos 2.882m³(n)/h de GN. Vamos admitir ainda que o comprimento das linhas de descarga não seja demasiado elevado e que não se produza 'boil-off' adicional.

O sistema de recuperação de 'boil-off' deve contar com dois compressores de GN. O de menor capacidade funcionando continuamente para recuperar as evaporações diárias provenientes da operação normal do tanque e o outro, funcionando em conjunção com o primeiro, aquando das operações de trasfega. O Quadro 5.8 refere as características dos compressores de recuperação de 'boil-off'.

Caudal de GN [m³(n)/h]	Caudal de GN [kg/h]	Consumo eléctrico [kW/h]
1.965	1.500	120
1.310	1.000	80

Quadro 5.8 – Características dos compressores de recuperação de 'boil-off'

O recondensador deve suportar uma pressão de serviço de 10barg. A capacidade de um recondensador refere o caudal máximo de GNL que o atravessa. Para condensar 1kg de GN são necessários entre 10 a 14kg de GNL, dependendo de diversas condições (nível do tanque, estado de sub-arrefecimento do GNL, pressão no recondensador, etc). Atendendo a estes aspectos e às capacidades dos compressores, definidas no Quadro 5.8, conclui-se que o recondensador deve ser de 90m³(GNL)/h.

5.1.2.3 Vaporização

Um dos critérios de projecto mais adoptados para a selecção dos equipamentos de vaporização é a de realizar a emissão média à custa de vaporizadores de água de mar e instalar vaporizadores de combustão submersa para satisfazer os períodos de ponta. No presente caso ter-se-ia vaporizadores de água de mar com uma capacidade global de 28.000m³(n)/h de GN ou 48,5m³/h de GNL, correspondentes à maior emissão média estimada ('Ano 20' do cenário II). Os vaporizadores de combustão submersa teriam igualmente uma capacidade de 28.000m³(n)/h de GN ou 48,5m³/h de GNL.

Os equipamentos de vaporização mais comuns nos terminais, têm capacidades a partir dos 50.000m³(n)/h, quer sejam de água de mar ou combustão submersa. De acordo com o referido no subcapitulo 2.3.3, a temperatura da água do mar na RAM varia entre os 17ºC e os 22ºC o que permite um eficaz funcionamento durante todo o ano dos vaporizadores de água de mar. Neste caso faria sentido adoptar-se um vaporizador de 50.000m³(n)/h capaz de satisfazer as emissões médias e as pontas.

Cada vaporizador de água de mar dispõe de duas secções, neste caso, cada uma com capacidade de 25.000 m³(n)/h. Isto permite que se utilize normalmente uma das secções e que a segunda funcione nos períodos de ponta. O Quadro 5.9 refere as características dos vaporizadores de água de mar de 50.000 m³ (n)/h de GN, assim como bombas de captação de água

Equipamento para vaporização de GNL por água de mar		
Caudal de GN	[m³/h]	50.000
Caudal de GNL	[m³/h]	87
Caudal de água de mar	[m³/h]	1.250
Consumo de energia pelas bombas de captação de água	[kW/h]	143

Quadro 5.9

Um dos problemas que se poderá levantar tem a ver com o facto de o terminal ficar inteiramente dependente de um vaporizador de água de mar. Poder-se-á equacionar a hipótese de colocar um vaporizador de combustão submersa adicional que possa colmatar essa questão. O Quadro 5.10 refere as características de um vaporizador de combustão submersa, igualmente com capacidade de 50.000 m³ (n)/h de GN.

Equipamento para vaporização de GNL por combustão submersa		
Caudal de GN	[m³(n)/h]	50.000
Caudal de GNL	[m³/h]	87
Consumo de GN nos queimadores	[m³(n)/h]	843
Consumo de energia nos ventiladores	[kW/h]	93

Quadro 5.10

Para além dos sistemas clássicos de vaporização dos terminais é possível, em virtude das moderadas emissões, utilizar outros tipos de sistemas menos comuns como permutadores de calor de feixe tubular ou Banho-Maria alimentados por caldeiras a GN ou promovendo a recuperação de frio com fluidos intermédios.

5.1.2.4 Aproveitamento do frio do GNL

De acordo com o subcapítulo 4.3.1.3, considerou-se a implementação, no 'Ano 11' de projecto (Cenário III), de uma rede de frio, para fornecimento de uma potência de refrigeração de 2,40 MW. Esta rede destina-se a servir uma infra-estrutura de processamento alimentar, eventualmente um mercado abastecedor, instalado nas imediações do Terminal de GNL.

O transporte de frio seria levado a cabo por um fluído intermédio (refrigerante), arrefecido no processo de regaseificação do GNL. Este fluído, por sua vez, iria promover a refrigeração da infra-estrutura de processamento alimentar que dele necessita. Admite-se que o rendimento global dos permutadores de calor e rede de frio seja de 0.85.

A fig. 5.1 esquematiza o tipo de vaporizador utilizado no processo de aproveitamento do frio do GNL. Este sistema é composto por: um permutador de calor, uma válvula de três via comandada electricamente, sensores de temperatura e bombas de circulação de fluído térmico. Este sistema situa-se logo após as bombas secundárias e antes das vaporizações por água de mar e combustão submersa.

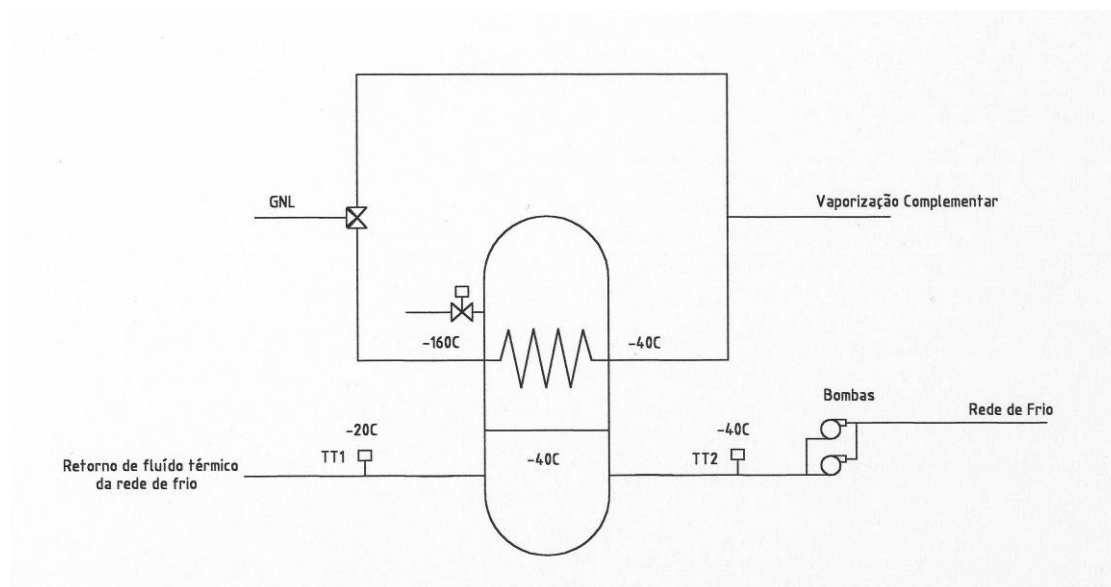



Fig 5.1 – Diagrama de fluxo do sistema de aproveitamento de frio (vaporização) para o Terminal de GNL da RAM

O tipo de funcionamento do sistema é o seguinte:

- O fluído refrigerante entra no permutador de calor a –20ºC e é arrefecido até aos –40ºC. Por sua vez o GNL entra a –160ºC e saí a –40ºC.
- A sonda TT2 faz a leitura da temperatura do fluído térmico à saída do permutador de calor e, através de um autómato, comanda a válvula de três vias. Se a temperatura descer abaixo dos valor de -40ºC a válvula de três vias faz passar mais GNL pelo 'by-pass' ao permutador. Pelo contrário, se a temperatura subir acima dos –40ºC é fornecido um maior caudal de GNL ao permutador de calor.
- A sonda TT1 faz a leitura da temperatura do fluído térmico no retorno ao permutador de calor. Se a temperatura for superior a –20ºC o caudal nas bombas aumenta disponibilizando maior circulação de fluído térmico favorecendo mais frio ao sistema. Se a temperatura for inferior a –20ºC é promovido o processo inverso, através de um menor caudal nas bombas.
- O GNL é conduzido para vaporização complementar, permitindo acertar os 'set-points' de emissão de GN.

Para o 'Ano 11' de projecto no Cenário III a emissão média de GN é de 16431m3(n)/h. Nestas condições a potência máxima de refrigeração disponível são os 2,441 MW. No Ano 2020, de acordo com os dados do Quadro 5.4 seria possível dispor de uma potência de refrigeração de 3.847 MW no vaporizador de fluído intermédio. Os cálculos referentes ao desempenho do sistema de vaporização da fig.5.1 estão no Anexo D1.

Uma vez que o sistema de aproveitamento do frio do GNL não consome toda a potencia de refrigeração disponivel seria possível prever ainda um sistema complementar para distribuição de frio. Este conceito foi previamente abordado no subcapitulo 2.7.4 e Anexo D2. O GNL é regaseificado à custa de água que por sua vez é armazenada a baixa temperatura e é distribuída por condutas isoladas termicamente que por sua vez entregam água fria aos utentes da rede.

O aspecto particular está na forma como se arrefece a água e se faz a armazenagem térmica. A fig. 5.2 apresenta o sistema utilizado para o arrefecimento a armazenagem da água.

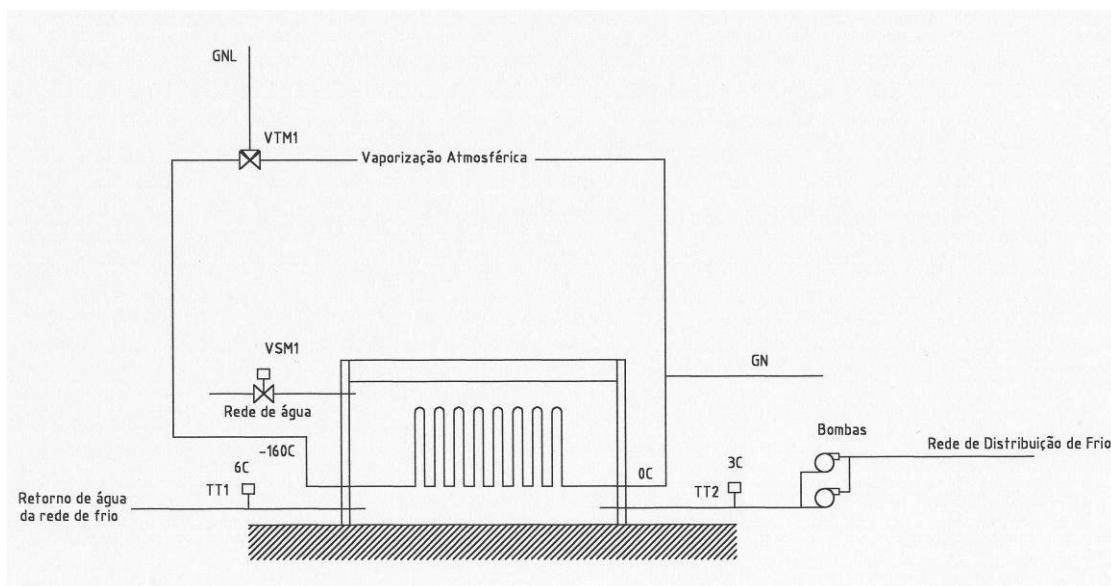



Fig 5.2 – Diagrama de fluxo do sistema complementar de aproveitamento de frio (vaporização) para o Terminal de GNL da RAM

O tipo de funcionamento do sistema é o seguinte:

- A água é armazenada num tanque, termicamente isolado, no qual está imerso um permutador de calor. Este permutador é composto por um feixe tubular onde passa o GNL.

- A agua deve ser armazenada a uma temperatura entre 2ºC e os 4ºC. O GNL entra a –160ºC e saí na fase gasosa (GN) entre os 0ºC e os 2ºC.

- A sonda TT2 faz a leitura da temperatura da água à saída da armazenagem e, através de um autómato, comanda a válvula de três vias (VTM1). Se a temperatura descer abaixo do valor de 2ºC a válvula de três vias faz passar mais GNL pelo 'by-pass' ao permutador. Pelo contrário, se a temperatura subir acima dos 4ºC é fornecido um maior caudal de GNL ao permutador de calor.

- A sonda TT1 faz a leitura da temperatura da água no retorno à armazenagem. Se a temperatura da água for superior a 6ºC o caudal nas bombas aumenta disponibilizando maior circulação de água favorecendo mais frio ao sistema. Se a temperatura for inferior a 6ºC é promovido o processo inverso, através de um menor caudal nas bombas.

- O GN é conduzido para re-aquecimento complementar, permitindo acertar os 'set-points' de emissão de GN.

Para o 'Ano 11' de projecto no Cenário III a emissão média de GN não permite grandes aproveitamentos de frio para a rede de distribuição. No entanto, para o ano 2020 é possível chegar a aproveitamentos de frio para a rede de distribuição da mesma ordem de grandeza que para a refrigeração industrial. Os cálculos referentes ao desempenho do sistema de refrigeração/vaporização da fig.5.2 estão no Anexo D2.

O facto de a distribuição de frio se concentrar num espaço, relativamente limitado, onde se concentra a maior parcela da capacidade hoteleira da RAM, permite que a rede seja pequena e as perdas térmicas moderadas. Admite-se que o rendimento global do sistema de vaporização, armazenagem térmica e distribuição de frio seja de 0.90.

5.1.3 Infra-estrutura portuária

O aspecto mais complicado da construção de um Terminal de Recepção, Armazenagem e Regaseificação de GNL na RAM prende-se com a infra-estrutura portuária. A razão tem a ver com a ver com a impossibilidade de utilizar Portos ou Terminais existentes.

De acordo com o subcapitulo 3.3 e mais especificamente 3.3.3 concluiu-se que o local mais apropriado para a implementação do Terminal de GNL da RAM seria os Socorridos. O Terminal de GNL da Madeira poderá situar-se junto ao Terminal Cimenteiro dos Socorridos, localizado na costa sul da ilha da Madeira cerca de 6 km a poente do enraizamento do molhe de abrigo do porto do Funchal, na vizinhança da foz da ribeira com o mesmo nome, nas imediações da Central Térmica de Vitória.

Poder-se-á admitir uma interface marítima do Terminal de GNL da RAM nos Socorridos como composta por uma frente de acostagem com o 'jetty' assente em blocos de betão armado. A frente de acostagem poderá ser construída em mar aberto orientada para SE na direcção da vaga dominante, ficando o navio metaneiro de proa para SE. A amarração seria por intermédio de Duques de Alba cuja disposição e dimensões dependeriam da estrutura de atraque adoptada.

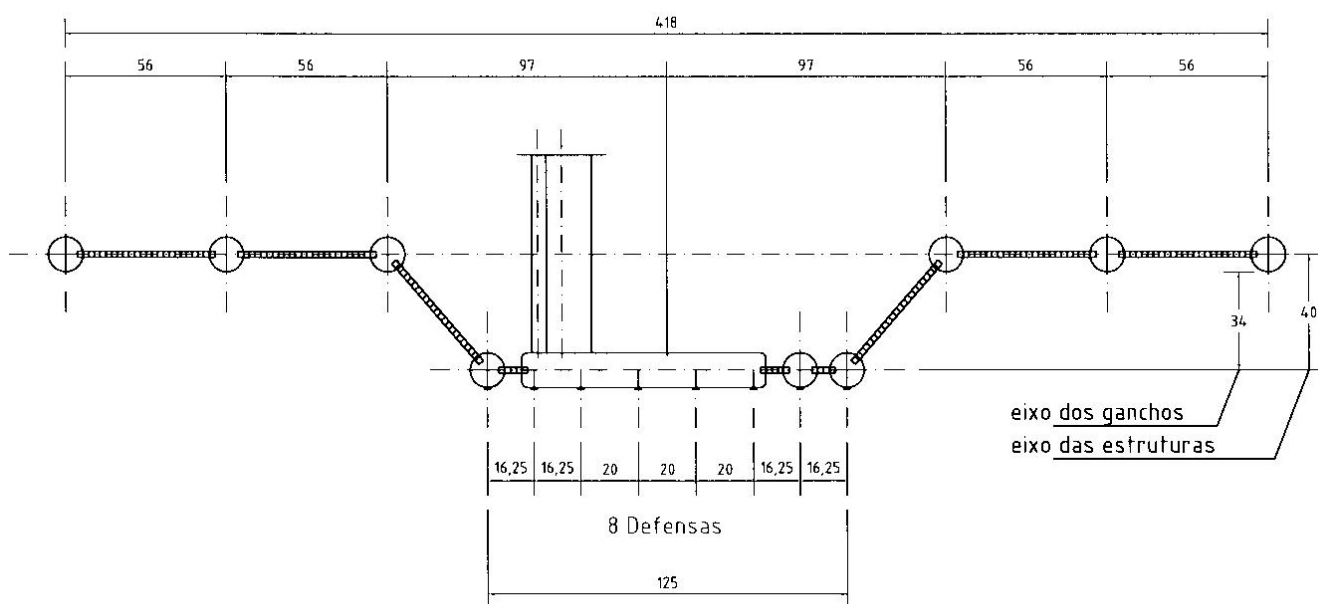



Fig 5.3 – Frente de acostagem e 'jetty' para metaneiros de 25.000 a 135.000 m^3 – Terminal de GNL de Cartagena

A frente de acostagem ficaria ligada a terra por intermédio de um pontão que vem a partir de um terrapleno onde seriam construídos o reservatório de GNL e as restantes infra-estruturas. A figura 5.4 apresenta um 'layout' resultante de uma opção preconizada pela APRAM, Administração Portuária da Região Autónoma da Madeira.

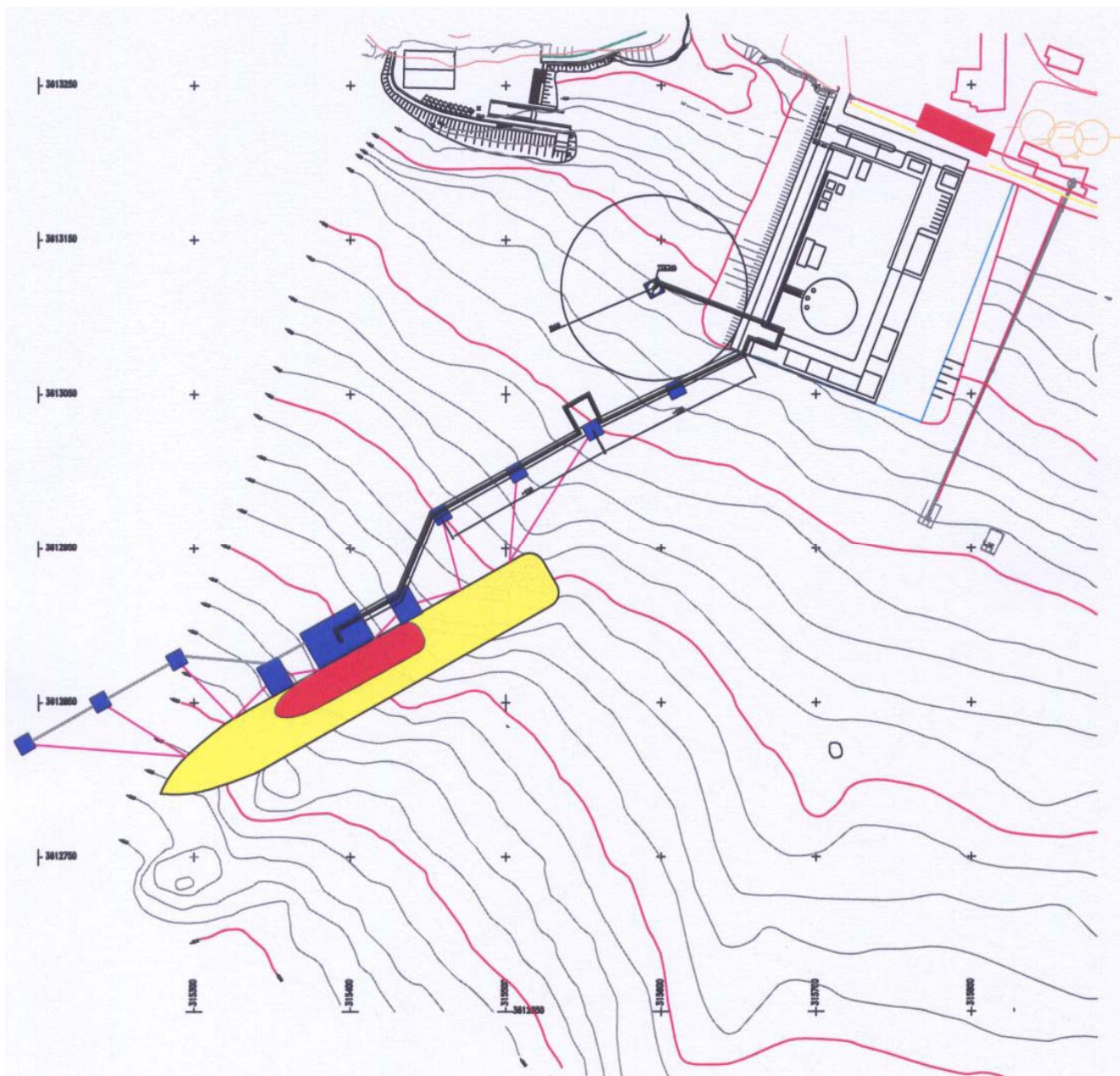



Fig 5.4 – ‘Layout’ eventual para o Terminal de GNL da RAM (Fonte EEM).

Admitindo que se pretendem receber metaneiros de grandes dimensões e partindo da capacidade de armazenagem definida no subcapítulo 5.1.1 podem-se determinar algumas características fundamentais. O tempo máximo em que deve decorrer uma trasfega é de 11 horas. Atendendo a que não se pode descarregar mais que 40.000 m^3 de GNL (capacidade útil do tanque), poder-se-ão definir as características dos braços de descarga. Neste caso basta existir um conjunto de três, dois de carga de GNL com 12” de diâmetro e capacidade unitária de 2.200 m^3(GNL)/h e um de retorno de vapores com 12” de diâmetro.

5.1.3.1 Condições Operativas do Terminal de GNL da RAM (Socorridos)

- Limites para condições climáticas

As condições limite são:

Condições climáticas não direccionais:

- $V_{10\,.\,1\,min}$ > 20 knts;
- $V_{C\,.\,1\,min}$ > 0,6 knts;
- H_s > 2,5 m;
- Visibilidade < 2 milhas náuticas.

sendo:

$V_{10\,.\,1\,min}$: velocidade do vento a uma altura de 10 metros, tendo como referência o nível das águas, durante um período mínimo de 1 minuto;

$V_{C\,.\,1\,min}$: velocidade da corrente marítima durante um período mínimo de 1 minuto;

H_s : Agitação marítima – Altura Significativa.

- Limites para manobras e atraque de Navios de Transporte de GNL

As condições limite de operacionalidade para manobras de rotação e acostagem de metaneiros são as seguintes:

- $V_{10\,.\,1\,min}$ > 32.0 knts (não direccional);
- $V_{C\,.\,1\,min}$ > 0,4 knts (não direccional);
- H_s > 1,50 m;
- Potencia de arrasto (rebocadores) necessária: 178 Tf de tracção com ponto fixo, com coeficiente de segurança de 1.25;
- Visibilidade < 2 milhas náuticas.

A figura 5.5 ilustra a área requerida para efectuar manobras de rotação de um metaneiro em função das suas dimensões.

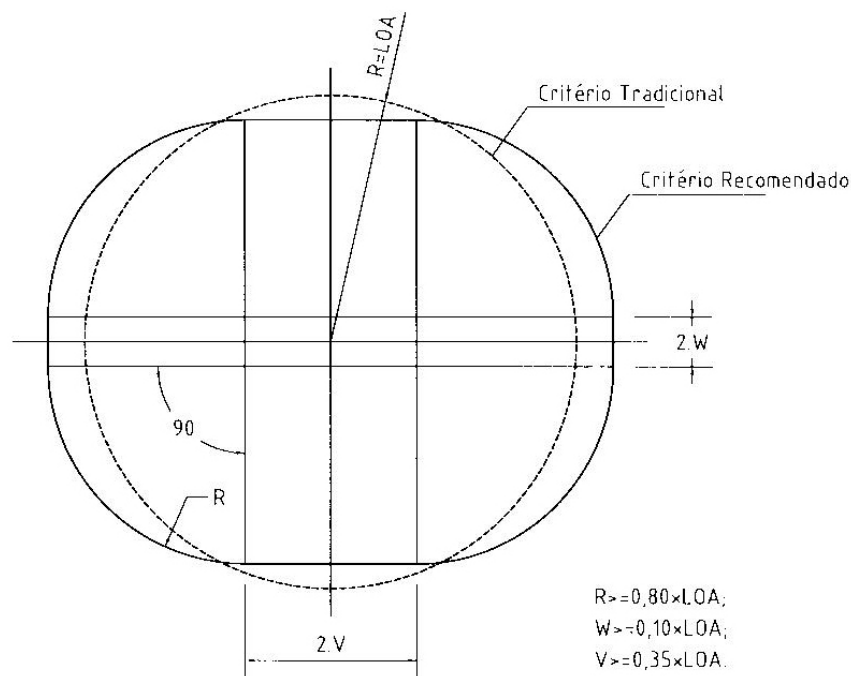



Fig. 5.5 – Área para manobra de metaneiros

- Condições limite de operacionalidade com Navio amarrado

A configuração e implantação do Terminal de GNL da Madeira, conforme a figura 5.4, não permite receber correntes nem ondulação transversais de importância, pelo que se consideram as seguintes condições limite de operação:

- Velocidade do vento $V_{10\ .\ 1\ min}$ ≤ 32 knts transversal ao metaneiro;
- Velocidade do vento $V_{10\ .\ 1\ min}$ ≤ 50 knts longitudinal ao metaneiro;

Ambas as condições de vento em simultâneo com:

- Velocidade da corrente $V_{c\ .\ 1\ min}$ ≤ 1.0 knts longitudinal à frente de acostagem
- Altura de onda H_s ≤ 2,0 m longitudinal à frente de acostagem
- Força mínima de bloqueio requerida nos cabrestantes do metaneiro: 60 Tf

- Condições limite de permanência em atraque

  - Velocidade do vento (vento superficial) $V_{10\ .\ 1\ min}$ ≤ 50 knts transversal ao atraque produz um esforço máximo admissível sobre as defensas;

  Abatimento lateral de 330 Tf, sem majoração com coeficiente de segurança de 1.25;

  - Velocidade do vento (vento superficial) $V_{10\ .\ 1\ min}$ ≤ 70 knts longitudinal à frente de acostagem;

  Abatimento longitudinal de 212 Tf, sem majoração com coeficiente de segurança de 1.25;

Ambas as condições de vento em simultâneo com:

- Velocidade da corrente $V_{c\ .\ 1\ min}$ ≤ 1.0 knts longitudinal à frente de acostagem;
- Altura da ondulação H_s ≤ 2,5 m longitudinal à frente de acostagem;
- Força mínima de bloqueio requerida nos cabrestantes do metaneiro: 82 Tf

5.1.3.2 Agitação Marítima

A informação do presente subcapitulo resulta de um estudo realizado pela empresa CEHIDRO para o Terminal Cimenteiro dos Cimentos Madeira, na qual se realizou a caracterização da Agitação Marítima ao largo dos Socorridos. Neste estudo foram igualmente abordados os aspectos de refracção de ondulação tendo-se concluído para o caso em estudo que a aplicação de modelos de refracção (lei de Snell) não altera de forma significativa os dados recolhidos ao largo do Terminal.

Os Quadros 5.11, 5.12 e 5.13 resultam do tratamento da informação obtida sobre o clima de agitação frente à Ponta da Cruz, em profundidade ZH da ordem de 100 m. A caracterização estatística condensada nos Quadros 5.11, 5.12 e 5.13 é, portanto, representativa das condições de agitação ao largo do Terminal dos Socorridos.

Fonte:CEHIDRO — Valores em permilagem (⁰/₀₀)

H_S (m)	RUMOS						TOTAIS
	NW	W	SW	S	SE	E	
> 0	1,4	179,2	198,4	63,5	535,2	22,3	1000
> 1,0	0,8	59,3	43,2	22,0	58,6	0,3	184,2
> 2,0	----	11,2	11,2	6,4	0,9	----	27,0

Quadro 5.11 - Ilha da Madeira. Costa Sul. Agitação Marítima ao Largo. Distribuição por Rumos e por Alturas Hs “maiores que”.

A informação condensada no Quadro 5.12 permite afirmar:

- *O rumo sueste é, de longe, o mais frequente; com efeito, ultrapassa, em frequência de ocorrência, a soma de todos os outros juntos;*
- *Perde, no entanto, importância relativamente aos restantes quando se consideram ondas sucessivamente mais altas. Assim:*
  - *para alturas H_s > 1 m, o Sueste já é ultrapassado pelo Oeste, e não chega a metade da frequência conjunta dos rumos W, SW e S;*
  - *para alturas H_s > 2 m, o Sueste "desaparece" estatisticamente; as maiores ondas (Hs > 2 m) vêm de W, SW e mesmo do Sul;*
- *As "grandes" ondas têm uma probabilidade de ocorrência muito baixa. De facto, a altura H_s = 1 m só é ultrapassada em cerca de 18% das ocorrências, enquanto a probabilidade de excedência da altura H_s = 2 m não chega a 3%* [1]

Fonte:CEHIDRO — Valores em permilagem (⁰/₀₀)

H_s (m)	RUMOS						TOTAIS
	NW	W	SW	S	SE	E	
0-0,5	--	33,5	58,9	9,3	139,4	9,4	250,6
0,5-1,0	0,6	86,4	96,2	32,1	337,2	12,6	565,2
1,0-1,5	0,6	33,2	23,1	11,8	50,8	0,3	119,9
1,5-2,0	0,2	14,8	11,7	3,7	6,7	--	37,3
> 2,0	--	11,2	8,4	6,4	0,9	--	27,0
TOTAIS	1,4	179,3	198,5	63,3	535,1	22,3	1 000

Quadro 5.12 - Ilha da Madeira. Costa Sul. Agitação Marítima ao Largo. Distribuição por Rumos e por Escalões de Alturas Hs".

Do Quadro 5.13 importa salientar:

- *A gama de períodos 4 s < T_z < 6 s "concentra" quase 3/4 de todas as ocorrências de agitação (72,8%);*
- *Só cerca de 5% das ocorrências ultrapassam o período Tz = 7 s;*
- *Às maiores ondas correspondem tendencialmente os maiores períodos. Assim, considerando as ocorrências com períodos T_z > 6 s, verifica-se que:*
  - *representam apenas cerca de 19% das ocorrências totais;*

[1] Da Tabela 4 extrai-se a informação de que as probabilidades de excedência das alturas Hs = 1 m e Hs = 2 m são da ordem, respectivamente, de 32% e de 4%. Salienta-se mais uma vez que os elementos deste quadro se baseiam no tratamento estatístico de apenas 2 anos de observação, sendo, por isso, em princípio, menos credíveis que os das Tabelas 2 e 3, baseados em 5 anos.

- *o seu peso percentual sobe, no entanto, para 29% para alturas H_s > 1 m, e para 46% quando H_s > 2 m.*

Fonte:CEHIDRO Valores em permilagem (⁰/₀₀)

T_z (s)	Alturas H_s (m)		
	> 0	> 1,0	> 2,0
< 3,0	5	1	--
3,0 – 4,0	80	10	--
4,0 – 5,0	424	103	3
5,0 – 6,0	304	113	19
6,0 – 7,0	134	62	19
7,0 – 8,0	51	28	--
> 8,0	2	1	--
TOTAIS	1 000	318	41

Quadro 5.13 - Ilha da Madeira. Costa Sul. Agitação Marítima ao Largo. Distribuição por Períodos Tz e por alturas Hs.

5.1.3.3 Fecho do Terminal (Dias/ano) por condições climátericas adversas

<u>1º Por impossibilidade de efectuar manobra de aproximação, rotação e acostagem</u>

Cálculos de esforços exteriores sobre o metaneiro, tensões em amarras e potencia de arrasto:

- $V_{10\,.\,1\,min}$ > 32 knt
- $V_{c\,.\,1\,min}$ > 0,4 knts
- H_s > 1,5 m

Probabilidade serem excedidas as condições enunciadas: P (H_s > 1,5 m) = 0.065

Probabilidade de chegada de um metaneiro: 0,1[2]

Tempo de fecho do Terminal de GNL: 0,065 * 0,1 * 365 = 2,37 dias

<u>2º Por se excederem as condições limite de permanência em atraque</u>

- $V_{10\,.\,1\,min}$ > 50 knts transversal à frente de acostagem Ventos superficiais (SE, NO)
- $V_{10\,.\,1\,min}$ > 70 knts longitudinal à frente de acostagem Ventos superficiais (SO, NE)

[2] Admite-se como limite máximo de operação 3 metaneiros por mês, ou seja, um por cada 10 dias.

Probabilidade de serem excedidas as condições enunciadas: 0,013

Tempo de fecho: 0,013*365 = 4,74 dias

Tempo de fecho total: 7,11 días

O Terminal dos Socorridos, instalado em mar aberto (sem qualquer obra de abrigo a proteger), a operacionalidade deste terminal depende, fundamentalmente, das condições médias de agitação predominantes no local; de facto, nem as correntes costeiras nem os ventos dominantes assumem a importância de factores condicionantes.

5.1.4 Diagrama de fluxo do terminal

Estando determinadas as características dos principais elementos que compõem o Terminal de GNL da RAM, poderá ser apresentado um diagrama geral de fluxo. Este diagrama indica os caudais, as pressões, as potências dos equipamentos, etc, permitindo identificar, de uma forma simples, todas as características do Terminal de GNL. O diagrama geral de fluxo do Terminal de GNL da RAM está apresentado na figura 5.6, resumindo até ao momento os vários aspectos focados ao longo deste subcapitulo.

5.1.5 Operação

A operação de um terminal com as características consideradas requer um conjunto de pessoas com a formação adequada que execute trabalhos de rotina, manutenção e vigilância necessários. Um terminal de grande capacidade necessita de cerca de 60 pessoas para garantir o seu funcionamento em continuo. Estas pessoas devem garantir:

- A operação do centro de despacho (monitorização do funcionamento do terminal);
- A manutenção e inspecção dos equipamentos instalados assim como confirmar os dados do centro de despacho relativos ao funcionamento dos referidos equipamentos;
- A segurança do terminal, através do cumprimento de um protocolo de procedimentos específicos;
- As operações de trasfega, no que respeita a recepção dos navios metaneiros e carregamento de cisternas;
- O controle da quantidade de GNL recebido, assim como a aferição das suas características químicas;
- Pequenas reparações.

As instalações portuárias, que servem os terminais de GNL, devem dispor postos de controle para a Guarda Fiscal.

Admitamos neste caso que a operação do terminal da RAM possa ser garantida, num regime de funcionamento continuo, com 30 funcionários. Vamos considerar que o custo médio anual para estes funcionários poderá rondar os 30.000 €/ano.

50.000m3(n)/h
50.000m3(n)/h
THT
CONTAGEM
EMISSÃO
90,0m3(GNL)/h
3 x 50,0m3(GNL)/h
1.500kg/h 1.000kg/h
3 x 50,0m3(GNL)/h
Reservatório de GNL - 45.000m3
Cap. útil - 40.000m3
Cisterna de GNL
3 x 12" (2.200m3(GNL)/h)

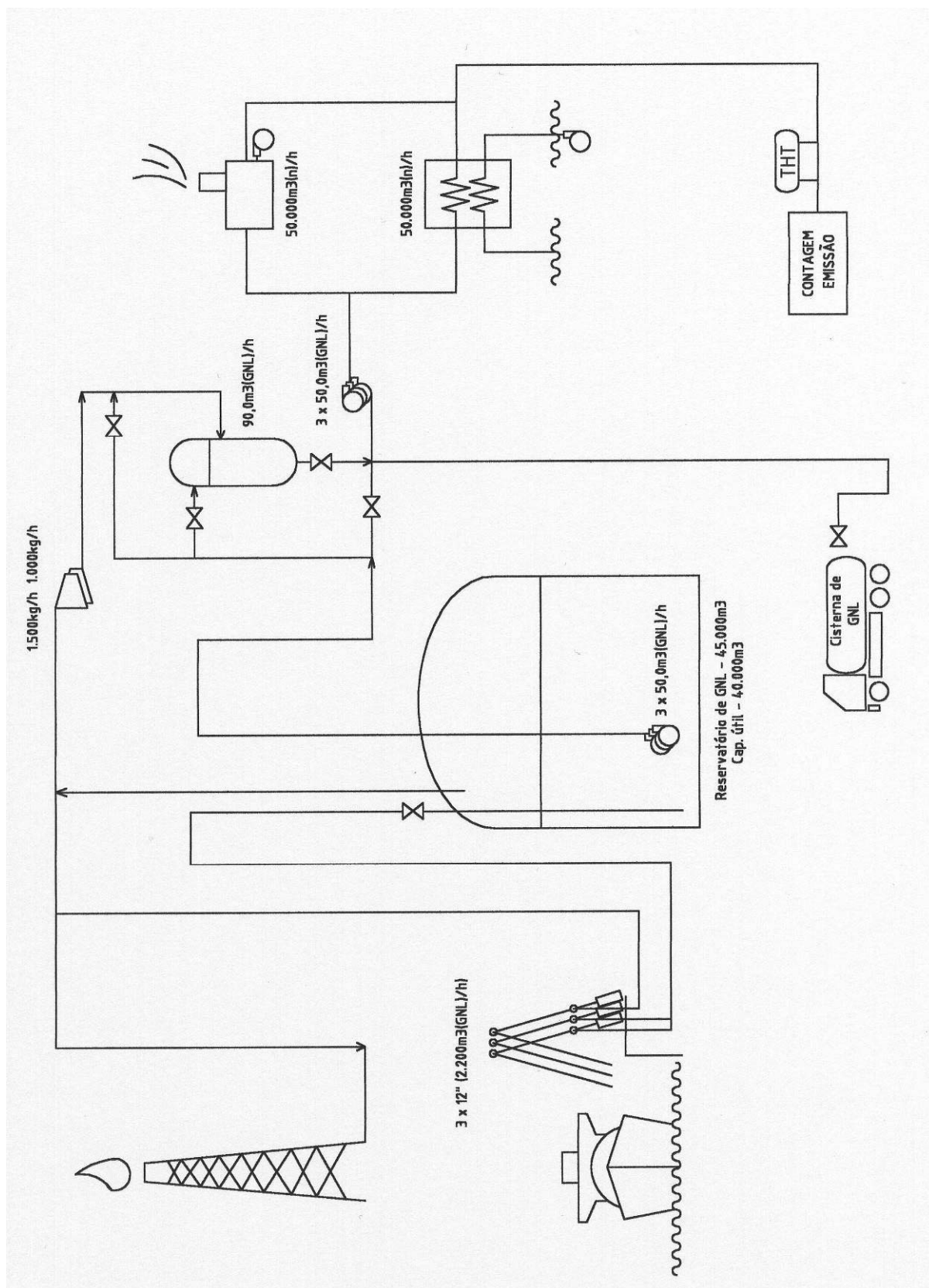



Fig. 5.6 – Diagrama de fluxo do Terminal de GNL da RAM

5.1.6 Custos de implementação e operação

Os custos de implementação reportam ao investimento que é necessário realizar para a concepção e construção do terminal da RAM cujas características foram sendo determinadas ao longo deste subcapitulo.

Os custos estão directamente ligados aos serviços de engenharia, que incluem a fase de projecto (engenharia básica e de detalhe), à construção e ao comissionamento. A construção inclui a obra de âmbito civil, mecânica, eléctrica e instrumentação. Para além destes existem ainda custos relativos a aquisição ou concessão de terrenos. Os principais investimentos são:

- Obra civil
- Infra-estrutura portuária
- Aquisição e concessão de terrenos
- Equipamento mecânico
- Equipamento eléctrico e instrumentação
- Aprovisionamento de materiais
- Construção e montagens
- Direcção e supervisão de obra
- Precomissionamento
- Inicio de operação
- Engenharia

Existem investimentos cuja estimativa se torna bastante difícil, uma vez que alguns dados são desconhecidos, em especial, o terreno de implantação, o aspecto da costa na zona de implantação do terminal, as instalações portuárias existentes, etc. Na presente situação poder-se-á considerar que os aspectos relacionados com o terreno e a infra-estrutura portuária são os mais sensíveis, tendo em conta as características da ilha da Madeira.

Os Quadros 5.14 a 5.16 resumem os investimentos a realizar no âmbito da obra civil, infra-estrutura portuária, aquisição de tanques, vaporizadores, bombas e restantes elementos mecânicos. Os Quadros 5.14 e 5.15 relativos à obra civil e infra-estrutura portuária não têm os campos totalmente preenchidos. Em todo o caso, interessa referir os principais itens nos quais o investimento incide. No final apresenta-se uma projecção global dos custos de obra civil e obra de infra-estrutura portuária, admitindo os constrangimentos referidos e, partindo de valores conhecidos em obras similares.

Denominação	Unid.	Quant.	Custo unit. [€]	Custo total [€]
Preparação de Terrenos				
• Movimentação de terras	m3	---	---	---
• Abertura de valas para tubagem a cabos eléctricos	m3	---	---	---
• Dragagem	m3	---	---	---
Acessos e estradas				
• Estradas com 8 metros de largura	ml	---	---	---
• Estradas com 6 metros de largura	ml	---	---	---
• Estacionamentos	m2	---	---	---
• Pavimentações	m2	---	---	---
Delimitação				
• Vedações	ml	---	---	---
• Portões	Orç.	---	---	---
Infra-estruturas exteriores				
• Rede de água potável	Orç.	---	---	---
• Rede de águas residuais	Orç.	---	---	---
• Rede eléctrica e telecomunicações	Orç.	---	---	---
Edifícios (incluindo instalação eléctrica)				
• Edifício de serviços	m2	---	---	---
• Armazém	m2	---	---	---
• Cobertura das linhas de contagem	m2	---	---	---
• Edifício de compressores de 'boil-off'	m2	---	---	---
• Edifício administrativo	m2	---	---	---
• Edifício de controlo	m2	---	---	---
• Subestação eléctrica	m2	---	---	---
• Refeitório	m2	---	---	---
• Edifício de cromatógrafo	m2	---	---	---
• Outros	m2	---	---	---
Estruturas diversas de betão				
• Drenagem de derrames de GNL	m3	---	---	---
• Bacias de retenção para tanques de GNL	m3	---	---	---
• Maciços para instalação de equipamentos	m3	---	---	---
• Vaporizador de água de mar	Orç.	---	---	---
• Vaporizador de combustão submersa	Orç.	---	---	---
• Rack marítimo com pilares de betão	Orç.	---	---	---
Estruturas metálicas				
• Paçadiços	Orç.	---	---	---
• Plataformas	Orç.	---	---	---
• Escadas	Orç.	---	---	---
Sistema de captação e emissão de água de mar				
• Piscinas de captação, apoios de bombas e filtros	Orç.	---	---	---
• Tubagem	ml	---	---	---
• Movimentação de terras e reposição de taludes	m3	---	---	---
TOTAL (Obra Civil)		---	---	---

Quadro 5.14 – Custos das operações de obra civil

Denominação	Unid.	Quant.	Custo unit. [€]	Custo total [€]
Preparação de Terrenos				
• Molhes	Orç.	---	---	---
• Frente de atraque	Orç.	---	---	---
• Pontão	Orç.	---	---	---
TOTAL (Infra-estrutura portuária)		---	---	---

Quadro 5.15 – Custos da obra portuária

Denominação	Unid.	Quant.	Custo unit. [€]	Custo total [€]
Descarga				
• Braços de descarga de GNL	Unid.	2	1.000.000	2.000.000
• Braço de retorno de vapor	Unid.	1	1.000.000	1.000.000
• Tanque de purga dos braços de descarga	Unid.	1	66.000	66.000
Captação de água de mar				
• Unidade de injecção de hipoclorito	Unid.	1	60.000	60.000
• Bombas de captação de água de mar	Unid.	2	102.000	204.000
• Filtros	Unid.	2	45.000	90.000
Armazenamento de GNL				
• Tanques	Unid.	1	15.000.000	15.000.000
• Bombas primárias	Unid.	3	132.000	396.000
Regaseificação de GNL				
• Recondensador	Unid.	1	290.000	290.000
• Tanque de aspiração de compressores	Unid.	1	20.000	20.000
• Bomba secundárias de GNL	Unid.	3	114.000	342.000
• Vaporizadores de GNL de água de mar	Unid.	1	480.000	480.000
• Vaporizadores de GNL de combustão submersa	Unid.	1	360.000	360.000
Recuperação de vapores de GNL				
• Compressor de vapor de GNL	Unid.	1	510.000	510.000
• Compressor de vapor para descarga de metaneiros	Unid.	1	750.000	750.000
• Arrefecedor de vapor de GNL	Unid.	1	24.000	24.000
• Arrefecedor de compressores de GN	Unid.	1	24.000	24.000
• Arrefecedor 'cooldown'	Unid.	1	24.000	24.000
Descarga atmosférica				
• Tocha criogénica	Unid.	1	810.000	810.000
• Ventilador de vapores de GNL	Unid.	-	-	-
• Separador de condensados	Unid.	1	54.000	54.000
Contagem				
• Estação de contagem	Unid.	1	90.000	90.000
Enchimento de cisternas				
• Ilha de carga de cisternas	Unid.		72.000	72.000
Utilidades				
• Unidade de abastecimento de azoto	Unid.	-	Alugada	-
• Central de ar comprimido	Unid.	1	30.000	30.000
• Equipamento para combate a incêndio	Unid.	-	500.000	500.000
• Torres monitoras	Unid.	1	66.000	66.000
• Tanque de água doce	Unid.	1	42.000	42.000
• Bombas de água doce	Unid.	2	6.000	12.000
• Gruas e pórticos	Unid.	1	60.000	60.000
• Outros	Unid.	-	-	-
TOTAL (Obra Civil)	-	-	-	23.214.000

Quadro 5.16 – Custos dos equipamentos mecânicos

No caso da aquisição ou concessão dos terrenos, para o terminal da RAM bastaria a área de um rectângulo de lados 104 e 168 metros (17.472m2), por forma a cumprir com as distâncias de segurança referidas no subcapítulo 2.3.7.

O Quadro 5.17 resume o investimento a realizar para a implementação do Terminal de GNL da RAM. Alguns dos custos foram extrapolados a partir de adjudicações conhecidas de obras similares em concursos internacionais.

Denominação	Custo total [€]
Obra Civil	---
Infra-estrutura portuária	---
Aquisição ou concessão de terrenos	---
Órgãos e equipamentos mecânicos	23.214.000
Equipamentos eléctricos, instrumentação e equipamento de controlo	2.232.500
Aprovisionamento de materiais	4.645.000
Construções e montagens	3.852.000
Direcção de supervisão de obra	992.500
Precomissionamento	100.000
Inicio de operação	20.000
Engenharia	2.760.000
TOTAL	37.816.000

Quadro 5.17 – Custos globais do terminal da RAM exceptuando os investimentos em obra civil, portuária e aquisição ou concessão de terrenos

Como se referiu anteriormente, apresenta-se uma estimativa para o custo global de implementação do Terminal de GNL da RAM, incluindo obra civil, portuária e aquisição de terrenos. Assume-se que, para a realização de construções (obra civil), ampliações das infra-estruturas portuárias e aquisições de terrenos, os respectivos montantes não ultrapassem:

- Obra civil: 1.000.000 €;
- Infra-estrutura portuária: 12.000.000 €;
- Aquisição ou concessão de terrenos: 3.000.000 €.

Os custos globais de implementação do Terminal de GNL da RAM não devem ultrapassar o montante total de 53,8 milhões Euros.

No que respeita a custos operativos, estes estão resumidos no Quadro 5.18. Admitiu-se como necessários 30 funcionários, cada um com um vencimento médio anual de 30.000 €. Os montantes para os custos e abastecimentos gerais, assim como a assistência técnica prestada por serviços comprados, foram calculados com base em montantes conhecidos de outros Terminais de GNL.

Os custos de consumo eléctrico incluem três tipos distintos de actividades: consumo geral, operações de regaseificação e recuperação de 'boil-off'. Os consumos gerais de electricidade são obtidos a partir de valores conhecidos de operação em outros Terminais de GNL. Quanto aos restantes, têm-se:

- Custos para regaseificação:
    - bombagem (bombas primárias e secundárias);
    - vaporização por água de mar (bomba de captação de água);
    - vaporização por combustão submersa (ventilador).

As potências das bombas primárias e secundárias de GNL estão descritas no Quadro 5.5, as potências das bombas de captação de água de mar e ventilador do vaporizador de combustão submersa estão nos Quadros 5.9 e 5.10 respectivamente.

Admite-se o funcionamento integral (8.760 horas/ano) da bomba de captação de água de mar, ou seja, o terminal deveria funcionar sem recorrer ao vaporizador de combustão submersa. O vaporizador de combustão submersa pode considerar-se um equipamento de emergência.

A operação das bombas de GNL deve permitir a emissão dos caudais previstos no cenário mais desfavorável, ou seja no Cenário II. Neste caso, nos primeiros 10 anos de projecto o terminal consegue emitir com um só conjunto de bombas e nos restantes 10 irá necessitar de operar alguns períodos com dois conjuntos de bombas (2 bombas primárias + 2 bombas secundárias). Considera-se que até ao 'Ano 10' o terminal opera 8.760 horas/ano com um conjunto de bombagem nos restantes 10 anos opera as mesmas horas mas agora com dois conjuntos de bombas.

- Custos para compressão de 'boil-off':
  - Compressor de vapores de GNL do tanque;
  - compressor de trasfega.

Admite-se um funcionamento integral de 8.760horas/ano para o compressor de vapores de GNL do tanque, e um funcionamento de 11horas vezes o número de descargas anual do Cenário II (ver Quadro 5.2) para o compressor de 'boil-off' de trasfega. As potências destes compressores são as referidas no Quadro 5.8.

O custo da energia eléctrica é de 0,036 €/kW e considera-se uma taxa de actualização anual de 3%.

Para terminar, convém referir que pela forma como foram obtidos os custos operativos, admitindo que determinados equipamentos funcionam à potência nominal durante as 8.760 horas do ano, estes estarão garantidamente sobredimensionados.

	Custos com o Pessoal 30 func. 30.000Eur./ano	Custos, Abastecimentos, Gastos Gerais	Assistência Técnica e Manutenção	Consumo de electricidade			Ãutoconsumo de GN	TOTAL
				Cons. Geral	Cons. Vaporiz.	Cons. Recup. de Boil-off		
	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]
Ano 1	900.000	478.800	278.100	141.000	66.541	25.466	0	1.889.907
Ano 2	927.000	493.164	286.443	145.230	68.537	26.328	0	1.946.702
Ano 3	954.810	507.959	295.036	149.587	70.593	27.219	0	2.005.204
Ano 4	983.454	523.198	303.887	154.075	72.711	28.139	0	2.065.464
Ano 5	1.012.958	538.894	313.004	158.697	74.892	29.037	0	2.127.482
Ano 6	1.043.347	555.060	322.394	163.458	77.139	29.963	0	2.191.361
Ano 7	1.074.647	571.712	332.065	168.361	79.453	30.862	0	2.257.102
Ano 8	1.106.886	588.863	342.027	173.412	81.837	31.846	0	2.324.874
Ano 9	1.140.093	606.529	352.288	178.615	84.292	32.862	0	2.394.680
Ano 10	1.174.296	624.725	362.857	183.973	86.821	33.848	0	2.466.520
Ano 11	1.209.525	643.467	373.743	189.492	118.245	34.927	0	2.569.400
Ano 12	1.245.810	662.771	384.955	195.177	121.792	35.975	0	2.646.482
Ano 13	1.283.185	682.654	396.504	201.032	125.446	37.122	0	2.725.944
Ano 14	1.321.680	703.133	408.399	207.063	129.210	38.305	0	2.807.792
Ano 15	1.361.331	724.227	420.651	213.275	133.086	39.455	0	2.892.026
Ano 16	1.402.171	745.954	433.270	219.673	137.078	40.712	0	2.978.860
Ano 17	1.444.236	768.333	446.268	226.264	141.191	41.934	0	3.068.226
Ano 18	1.487.563	791.383	459.656	233.052	145.427	43.270	0	3.160.352
Ano 19	1.532.190	815.124	473.446	240.043	149.789	44.649	0	3.255.243
Ano 20	1.578.155	839.578	487.650	247.244	154.283	45.989	0	3.352.900

Quadro 5.18 – Custos operativos do terminal da RAM

5.2 Plantas Satélite da RAM

Para além do Terminal de Recepção, Armazenagem e Regaseificação de GNL da RAM são necessárias implementar Plantas Satélite. As Plantas Satélite recebem GNL proveniente do terminal, transportado em camiões cisterna ou contentores cisterna. A armazenagem é feita em reservatórios pressurizados, dispensando a instalação de sistemas de elevação de pressão. As Plantas Satélite regaseificam para uma rede de distribuição onde o GN é entregue aos seus utilizadores finais.

As Plantas Satélite consideradas para a RAM são:

- a do Porto Santo, que fornece GN para a produção termoeléctrica da ilha, para os consumidores dos sectores ‘doméstico’, ‘serviços diversos’ e ‘hotelaria’ e para abastecimento de veículos a GN;
- a de Santana, que fornece GN para os consumidores dos sectores ‘doméstico’, ‘serviços diversos’ e ‘hotelaria’ e para abastecimento de veículos a GN.

As Plantas Satélite mencionadas são consideradas para os Cenários II e III. A Planta Satélite do Porto Santo para os Cenários II e III e Santana só para o Cenário III.

A caracterização das Plantas Satélite está, de uma forma genérica, no subcapitulo 2.5. No entanto, de uma maneira geral, as Plantas Satélite recebem o GNL de um terminal, por via rodoviária ou ferroviária mas, sempre transporte terrestre. Para a RAM, mais concretamente para a ilha de Porto Santo, o GNL é transportado por terra e por mar a partir de uma ilha próxima, a ilha da Madeira. Esta situação embora não modifique demasiado a tipologia de uma Planta Satélite, altera por completo a forma tradicional de transporte de GNL. Por esta razão será dado um ênfase especial à Planta Satélite do Porto Santo.

No que respeita à Planta Satélite da cidade de Santana as suas características não diferem das tipologias caracterizadas no subcapitulo 2.5.

5.2.1 Planta Satélite do Porto Santo

A Planta Satélite do Porto Santo tem previsto o seu inicio de actividade para o ‘Ano 6’ ou para o ‘Ano 9’ caso estejamos a considerar o Cenário II ou III respectivamente. Esta planta teria como principais atribuições o fornecimento de GN à central termoeléctrica do Porto Santo e abastecer a rede de distribuição da cidade.

Os consumos de GN previstos para a Planta Satélite do Porto Santo são estimados considerando que:

- a parcela relativa à produção termoeléctrica no Porto Santo é 4,6% do valor total da produção termoeléctrica da RAM, mantendo-se ao longo dos 20 anos de projecto – este valor é obtido a partir do ano de referência (2000);
- o rendimento da Central Termoeléctrica mantém-se nos 41,3% durante os 20 anos de projecto;
- a procura final de GN é proporcional à população residente do Porto Santo, de acordo com os dados dos Censos 2001 (ver subcapitulo 3.2).

O Quadro 5.19 sintetiza os consumos anuais de GN na Planta Satélite do Porto Santo para os Cenários II e III.

	Cenário II		Cenário III	
	Consumo anual de GN [m³(n)]	Consumo anual de GNL [m³]	Consumo anual de GN [m³(n)]	Consumo anual de GNL [m³]
2000	**0**	**0**	**0**	**0**
2001	0	0	0	0
2002	0	0	0	0
2003	0	0	0	0
2004	0	0	0	0
2005	**7408224**	**12884**	**0**	**0**
2006	7967360	13856	0	0
2007	8528087	14831	0	0
2008	9090407	15809	7235135	12583
2009	9654318	16790	7591933	13203
2010	**10219821**	**17774**	**7809604**	**13582**
2011	10474769	18217	8139149	14155
2012	10730800	18662	8469519	14730
2013	10987913	19109	8800715	15306
2014	11246108	19558	9132737	15883
2015	**11505387**	**20009**	**9465585**	**16462**
2016	11824307	20564	9812746	17066
2017	12143794	21120	10160537	17670
2018	12463848	21676	10508957	18276
2019	12784469	22234	10858006	18883
2020	**13105657**	**22792**	**11207685**	**19492**

Quadro 5.19 – Consumo de GN e GNL da Planta Satélite de Porto Santo – Cenários II e III.

5.2.1.1 Capacidade de armazenagem

A capacidade de armazenagem da Planta Satélite da ilha de Porto Santo deve permitir autonomias mínimas de aproximadamente 7 dias (uma semana). No caso da Planta Satélite do Porto Santo poder-se-á adoptar uma autonomia inferior ao do terminal da RAM pelas seguintes razões:

- O aprovisionamento de GNL para o terminal da RAM será provavelmente a partir da Nigéria, Líbia, Trinidad e Tobago ou outras, mas sempre a longas distâncias, podendo depender de compras conjuntas com parceiros, detentores de outros Terminais de GNL. Os constrangimentos no aprovisionamento de GNL para o Terminal da RAM afectam a Planta Satélite do Porto Santo na medida em que esta é abastecida a partir do referido Terminal.

- O detentor da Planta Satélite da ilha de Porto Santo deverá ser o mesmo do terminal da Madeira.

- As distâncias de transporte de GNL, assim como o tempo de viagem, são muito diferentes quer se trate do terminal da RAM (na Madeira) ou da Planta Satélite da ilha de Porto Santo.

No Quadro 5.20 estão previstas as capacidades de armazenagem da planta com vista ao fornecimento de GN à central termoeléctrica da ilha do Porto Santo e à rede de distribuição. Estas capacidades das plantas satélite podem ser aumentadas, se os consumos de GN o justificarem. A lógica deste tipo de instalações assenta em equipamentos modulares

por forma a permitir uma fácil ampliação da planta e, inclusive, a possibilidade de poder ser desmantelada e recolocada noutro local.

	Cenário II			Cenário III		
	Consumo anual de GNL [m³]	Cap. de Armazen. [m³]	AUTONOMIA [dias]	Consumo anual de GNL [m³]	Cap. de Armazen. [m³]	AUTONOMIA [dias]
2000	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	**12884**	**360**	**10**	**0**	**0**	**0**
2006	13856	360	9	0	0	0
2007	14831	360	9	0	0	0
2008	15809	360	8	12583	360	10
2009	16790	360	8	13203	360	10
2010	**17774**	**360**	**7**	**13582**	**360**	**10**
2011	18217	360	7	14155	360	9
2012	18662	360	7	14730	360	9
2013	19109	480	9	15306	360	8
2014	19558	480	9	15883	360	8
2015	**20009**	**480**	**9**	**16462**	**360**	**8**
2016	20564	480	9	17066	360	7
2017	21120	480	8	17670	360	7
2018	21676	480	8	18276	360	7
2019	22234	480	8	18883	360	7
2020	**22792**	**480**	**8**	**19492**	**480**	**9**

Quadro 5.20 – Consumo de GNL, capacidade de armazenagem e autonomia da Planta Satélite de Porto Santo – Cenários II e III.

Inicialmente, para ambos os cenários, a capacidade de armazenagem da planta é de 360m³, composta por 3 reservatórios criogénicos com capacidade unitária de 120 m³. Para os cenário II e III estão previstas ampliações de capacidade de armazenagem da Planta Satélite para 480 m³ através da instalação de um quarto reservatório. Para o Cenário II a ampliação está prevista para o 'Ano 13' e para o Cenário III para o 'Ano 20'.

De acordo com a Portaria 568/2000 de 7 de Agosto, para capacidades de armazenagem superiores a 50 m³, as Plantas Satélite devem dispor de bacias de retenção por forma a conter fugas de GNL provenientes dos reservatórios. No caso da planta do Porto Santo admite-se a construção de uma bacia de retenção com volume total de 600 m³ , o que permite margem suficiente para as ampliações de capacidade que eventualmente se tornem necessárias.

5.2.1.2 Capacidade de emissão

As necessidades médias de emissão para a Planta Satélite do Porto Santo são obtidas admitindo uma operação constante ao longo das 8.760 horas do ano. No entanto, sabendo que a emissão varia diária e anualmente, a capacidade de emissão deverá ser pelo menos o dobro do valor médio obtido. O Quadro 5.21 resume a emissão média e a capacidade de emissão a instalar, de acordo com o referido.

	Cenário II			Cenário III		
	Consumo médio de GNL [m^3/h]	Consumo médio de GN [m^3(n)/h]	Emissão mínima [m^3(n)/h]	Consumo médio de GNL [m^3/h]	Consumo médio de GN [m^3(n)/h]	Emissão mínima [m^3(n)/h]
2000	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	**1,47**	**846**	**1691**	**0**	**0**	**0**
2006	1,58	910	1819	0	0	0
2007	1,69	974	1947	0	0	0
2008	1,80	1038	2075	1,44	826	1652
2009	1,92	1102	2204	1,51	867	1733
2010	**2,03**	**1167**	**2333**	**1,55**	**892**	**1783**
2011	2,08	1196	2391	1,62	929	1858
2012	2,13	1225	2450	1,68	967	1934
2013	2,18	1254	2509	1,75	1005	2009
2014	2,23	1284	2568	1,81	1043	2085
2015	**2,28**	**1313**	**2627**	**1,88**	**1081**	**2161**
2016	2,35	1350	2700	1,95	1120	2240
2017	2,41	1386	2773	2,02	1160	2320
2018	2,47	1423	2846	2,09	1200	2399
2019	2,54	1459	2919	2,16	1239	2479
2020	**2,60**	**1496**	**2992**	**2,23**	**1279**	**2559**

Quadro 5.21 – Capacidade de emissão da Planta Satélite de Porto Santo – Cenários II e III

As Plantas Satélite operam sem necessidade de bombagem, utilizando a pressão no interior dos reservatórios. A pressão no interior de um reservatório de GNL, de uma Planta Satélite, pode chegar aos 5,0barg, o que significa que se pode abastecer uma rede de distribuição sem necessidade de elevar a pressão.

A recuperação de 'boil-off' nas Plantas Satélite é também um processo mais simples do que nos Terminais de GNL. É possível evacuar as evaporações diárias por um sistema de economização que coloca o GN na rede. É provável que, existindo um consumo de GN moderado, a pressão no interior dos reservatórios se mantenha aproximadamente constante não havendo necessidade de abrir as linhas de economização. No caso da Planta Satélite do Porto Santo, com consumos que prevêem uma autonomia média um pouco superior a 8 dias, não deverá haver necessidade de operação das linhas de

economização. No entanto, nos períodos de ponta, deverá ser necessário o accionamento dos mecanismos de elevação da pressão nos reservatórios ('PPR' – ver 2.5.1.2).

A regaseificação e emissão numa Planta Satélite está fundamentalmente ligada ao processo de vaporização do GNL. Assim, quando se projectam os módulos de regaseificação de uma Planta Satélite procede-se à selecção dos vaporizadores.

A vaporização na Planta Satélite da ilha de Porto Santo deve ser feita à custa de dois circuitos paralelos. Um circuito será composto por uma bateria de vaporizadores atmosféricos em série com um re-aquecedor utilizando água quente. O segundo circuito será composto por um permutador de calor de feixe tubular utilizando água quente como fluído térmico.

A necessidade de colocar estas duas linhas de vaporização está relacionada com o facto de esta planta abastecer uma central termoeléctrica e uma rede de distribuição. Deverão ser tomadas medidas excepcionais para garantir continuidade de abastecimento, ou seja, uma das linhas serve para prever situações de emergência.

5.2.1.2.1 Vaporização Atmosférica

Atendendo à caracterização do clima da RAM (ver subcapitulo 3.1.4) pode-se considerar que existem condições para um funcionamento em continuo, durante todo o ano, de vaporizadores atmosféricos de GNL. Desta forma é possível regaseificar o GNL sem consumos energéticos adicionais.

Os regaseificadores atmosféricos mais utilizados têm capacidades de vaporização de 600, 700 e 1.500 m^3(n)/h. Estes equipamentos são modulares, isto é, uma associação em paralelo de dois vaporizadores de 1.500 m^3(n)/h resulta numa capacidade de 3.000 m^3(n)/h.

A bateria de vaporizadores atmosféricos a colocar deve ser composta por três conjuntos, dispostos em paralelo, cada um deles incluindo uma associação de vaporizadores, também em paralelo, cuja capacidade de emissão global satisfaça as necessidades dos consumidores abastecidos pela planta. Estes três conjuntos são absolutamente necessários porque os vaporizadores atmosféricos, actuando no máximo da sua capacidade, saturam em aproximadamente 8 horas. Isto é, um conjunto de vaporizadores atmosféricos ao fim de um tempo fica coberto por gelo, que comportando-se como um isolamento térmico, reduz drasticamente o seu rendimento. O tempo necessário para que o gelo à superfície dos vaporizadores condense é superior (cerca do dobro) ao necessário para saturar o equipamento. As baterias são por isso compostas por três linhas, funcionando rotativamente, de forma a que a que está em operação não esteja saturada.

De acordo com o consumo previsto nos Cenário II e III a planta poderia dispor de uma bateria de 6 vaporizadores atmosféricos de 1.500 m^3(n)/h. Cada linha teria dois equipamentos sendo a capacidade de vaporização da bateria de 3.000 m^3(n)/h.

A jusante da bateria de vaporizadores seria colocado um re-aquecedor que elevaria a temperatura do GN caso esta estivesse abaixo dos 0ºC à saída dos atmosféricos. O re-aquecedor é um pequeno permutador de feixe tubular utilizando água quente para promover o aquecimento do GN. A água quente seria produzida por caldeiras, abastecidas com o GN da própria planta.

5.2.1.2.2 Vaporização por água quente

A planta deverá dispor de uma casa de caldeiras que produza água quente para vaporização do GNL. Estas caldeiras devem consumir GN proveniente da própria planta, o que significa que existem consumos de energia afectos à operação de regaseificação. Por esta razão a linha de vaporização de água quente só deve funcionar nos momentos em que a linha

predominantemente atmosférica não possa ser utilizada. Esses momentos serão: aquando de reparações da linha atmosférica ou se as condições climatéricas forem bastante adversas, não permitindo vaporização atmosférica.

O permutador de calor utilizado para vaporizar o GNL é de feixe tubular. O GNL circula nos tubulares e a água quente no vaso exterior. Existem permutadores de calor de feixe tubular para vaporização de GNL com capacidades de 1.500 m^3(n)/h, 3.000 m^3(n)/h e 5.000 m^3(n)/h. Para a Planta Satélite do Porto Santo utilizar-se-ia o permutador com 3.000 m^3(n)/h de capacidade, para ambos os cenários de consumo.

A casa de caldeiras seria composta por 4 caldeiras com uma potência unitária de aproximadamente 700kW. O funcionamento de três caldeiras permite gerar calor suficiente para vaporizar os 3.000 m^3(n)/h de GNL, ficando a quarta caldeira de reserva.

Caso os caudais a vaporizar sejam bastante inferiores aos 3.000 m^3(n)/h não se desperdiça energia, já que as caldeiras apenas trabalham quando a temperatura nos circuitos de água baixam de um valor pré-determinado. Com um pequeno caudal de GNL a vaporizar a temperatura da água nas linhas desce mais lentamente e as caldeiras trabalham mais espaçadamente.

5.2.1.3 Abastecimento

O abastecimento à Planta Satélite do Porto Santo faz-se a partir do terminal de GNL da RAM, utilizando camiões cisterna ou contentores cisterna.

Caso se opte por utilizar camião cisterna há que transporta-lo entre as ilhas da Madeira e Porto Santo. Para o efeito poder-se-á utilizar um 'ferry-boat' numa altura de menor tráfego; de noite por exemplo. Caso fosse utilizado um contentor cisterna o transporte poderia ser feito igualmente por 'ferry-boat', com o contentor colocado em cima de um semi-reboque ou poderia seguir, com outro tipo de carga contentorizada, a bordo de um porta contentores.

Na situação mais desfavorável ('Ano 20' do Cenário II) são necessários em média 480 m^3 por cada 8 dias. Estes dados, contudo, não traduzem as situações mais desfavoráveis, uma vez que se baseiam em valores médios, existindo períodos de maior consumo anual em que as necessidades de abastecimento são superiores. Para garantir o abastecimento da planta de Porto Santo serão suficientes 2 camiões cisterna, cada um com 54 m^3 de capacidade, e um contentor cisterna de 30 m^3.

Os meios de transporte terrestre de GNL foram caracterizados no subcapitulo 2.4, apresentando muitas semelhanças com os utilizados para o transporte de gases industriais, nomeadamente azoto, oxigénio e argon.

Os sistemas e equipamentos de trasfega a colocar na Planta Satélite do Porto Santo são idênticos aos descritos nos subcapitulos 2.4.1 e 2.5.6.

5.2.1.4 Diagrama de fluxo da Planta Satélite do Porto Santo

O diagrama geral de fluxo da Planta Satélite do Porto Santo está representado na figura 5.7. Este diagrama indica os caudais, as pressões, as capacidades dos equipamentos, etc. Um diagrama geral de fluxo deve permitir identificar, de uma forma simples, todas as características da planta.

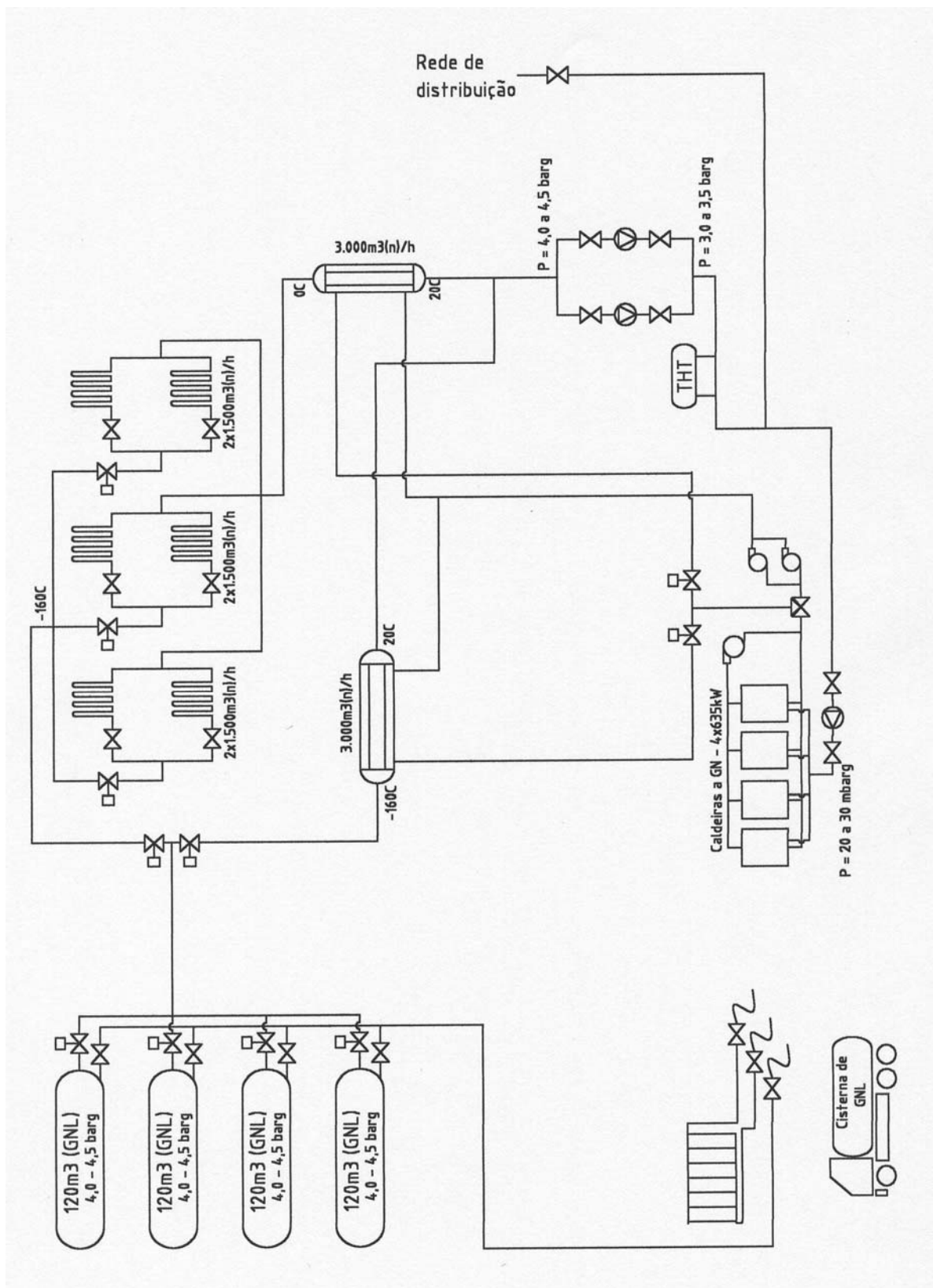



Fig. 5.7 – Diagrama de fluxo da Planta Satélite da ilha do Porto Santo

5.2.1.5 Operação

As Plantas Satélite são concebidas para serem autónomas, isto é, não terem pessoal afecto à sua operação. No entanto, são monitorizadas a partir de centros de despacho que detectando anomalias enviam piquetes para tomar as medidas adequadas.

A Planta Satélite do Porto Santo, sendo o 'coração' do fornecimento de GN na ilha e não existindo outras infra-estruturas de maior dimensão que possam fazer o seu controlo, poderá dispor de instalações que funcionem como sede local da empresa de exploração da rede de GN na ilha. A partir destas instalações poderão existir serviços de operação e manutenção, não só da planta mas também da rede de distribuição e apoio aos utilizadores.

O número de funcionários afectos à planta, rede de distribuição de GN, apoio a clientes e todas as demais necessidades de operação e desenvolvimento do projecto na ilha do Porto Santo, não deverá ser superior a oito. O seu salário médio será de 30.000 €/ano, isto é, o mesmo que se havia considerado para o terminal da RAM na ilha da Madeira.

5.2.2 Planta Satélite de Santana

A Planta Satélite de Santana, identicamente à do Porto Santo, apenas se prevê para o Cenário III, iniciando a actividade no 'Ano 11' de projecto. Esta planta teria como atribuições o fornecimento de GN à rede de distribuição de Santana.

Os consumos de GN previstos para a Planta Satélite de Santana são estimados considerando que:

- a procura final de GN é proporcional à população residente de Santana, de acordo com os dados dos Censos 2001 (ver subcapitulo 3.2);
- a rede de distribuição entra em funcionamento simultaneamente à Planta Satélite, convertendo-se os consumos de GPL para GN durante a fase de comissionamento da instalação.

5.2.2.1 Capacidade de armazenagem

A capacidade de armazenagem da Planta Satélite de Santana deve permitir autonomias mínimas de aproximadamente 3 dias, pelas seguintes razões:

- O transporte de GNL entre o Terminal da RAM e a Planta Satélite faz-se por estrada, sendo a distância percorrer curta, pode-se desta forma considerar que os constrangimentos logísticos ponderados para o Terminal salvaguardam o fornecimento de GNL à Planta Satélite de Santana.
- O detentor da Planta Satélite de Santana deverá ser o mesmo do terminal da Madeira.

5.2.2.2 Capacidade de emissão

As necessidades médias de emissão para a Planta Satélite de Santana são obtidas de modo análogo ao exposto no subcapitulo 5.1.2.

O Quadro 5.22 apresenta os consumos anuais de GN e GNL, a capacidade de armazenagem, a autonomia e as emissões da Planta Satélite de Santana.

Do Quadro 5.22 conclui-se que a Planta Satélite de Santana poderia operar satisfazendo uma autonomia de 5 dias, com apenas um reservatório de 20m3. De acordo com a Portaria 568/2000 de 7 de Agosto não é necessário construir uma bacia de retenção.

A regaseificação deveria ser projectada para uma capacidade de 250m3(n)/h. Para tal instalar-se-iam, em paralelo, três vaporizadores atmosféricos dimensionados para 300m3(n)/h com um re-aquecedor a montante. Estes iriam operar rotativamente em períodos de 8 horas de forma análoga à exposta no subcapitulo 5.1.1.2.2.

Não se considera necessário prever redundância de regaseificação para a Planta Satélite de Santana. Admite-se que a acção do piquete de emergência do Terminal da RAM poderá garantir o funcionamento em contínuo da instalação.

	Cenário III					
	Consumo anual de GN [m^3(n)]	Consumo anual de GNL [m^3]	Cap. de Armazen. [m^3]	AUTONOMIA [dias]	Consumo médio de GN [m^3(n)/h]	Emissão mínima [m^3(n)/h]
2000	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
2001	0	0	0	0	0	0
2002	0	0	0	0	0	0
2003	0	0	0	0	0	0
2004	0	0	0	0	0	0
2005	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
2006	0	0	0	0	0	0
2007	0	0	0	0	0	0
2008	0	0	0	0	0	0
2009	0	0	0	0	0	0
2010	**447422**	**778**	**20**	**9**	**51**	**102**
2011	488476	850	20	9	56	112
2012	530356	922	20	8	61	121
2013	573061	997	20	7	65	131
2014	616592	1072	20	7	70	141
2015	**660950**	**1149**	**20**	**6**	**75**	**151**
2016	704464	1225	20	6	80	161
2017	748607	1302	20	6	85	171
2018	793380	1380	20	5	91	181
2019	838782	1459	20	5	96	192
2020	**884814**	**1539**	**20**	**5**	**101**	**202**

Quadro 5.22 – Consumos anuais de GN e GNL, capacidade de armazenagem, autonomia e emissões da Planta Satélite de Santana – Cenário III

5.2.2.3 Abastecimento

O abastecimento da Planta Satélite de Santana não apresenta grandes constrangimentos logísticos, não sendo necessário dispor de meios adicionais aos já considerados para as Plantas Satélite previamente caracterizadas.

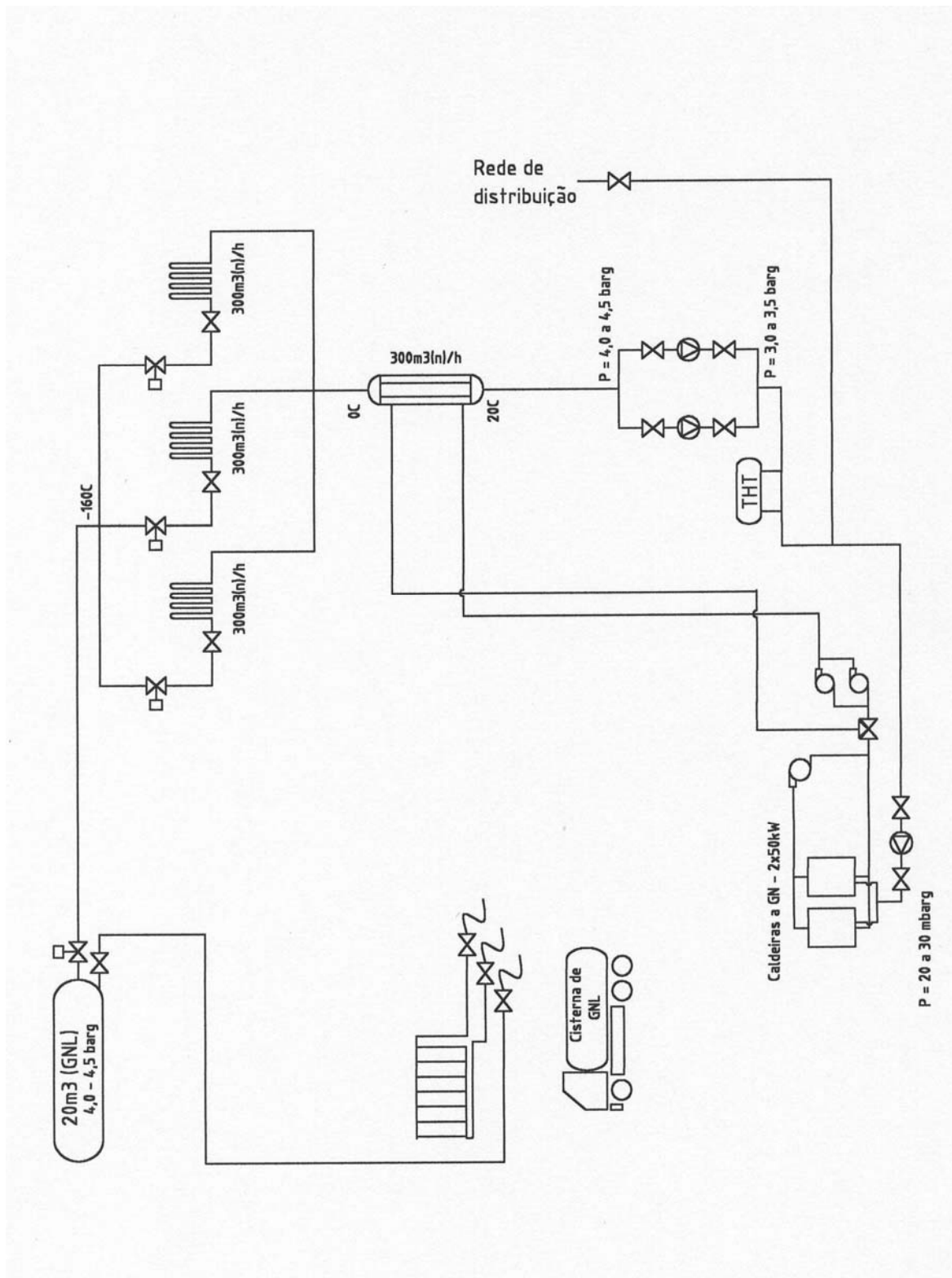



Fig. 5.8 – Diagrama de fluxo da Planta Satélite de Santana

5.2.2.4 Diagrama de fluxo da Planta Satélite de Santana

O diagrama geral de fluxo da Planta Satélite de Santana está representado na figura 5.8. Este diagrama indica os caudais, as pressões, as capacidades dos equipamentos, etc.

5.2.2.5 Operação

A Planta Satélite de Santana deverá operar autonomamente sendo monitorizada a partir do centro de despacho do Terminal de GNL da RAM que, detectando eventuais anomalias, enviará piquetes para tomar as medidas adequadas.

5.2.3 Custos de implementação e operação

Os custos de implementação reportam ao investimento que é necessário realizar para a concepção e construção das Plantas Satélite.

Os principais investimentos são:

- Obra civil;
- Aquisição de terrenos;
- Equipamento mecânico;
- Equipamento eléctrico e instrumentação;
- Aprovisionamento de materiais;
- Construção e montagens;
- Direcção e supervisão de obra;
- Inspecção;
- Engenharia;

- Planta Satélite de Porto Santo

Os Quadros 5.23 e 5.24 resumem os investimentos a realizar no âmbito da obra civil e equipamentos mecânicos (reservatórios, permutadores, caldeiras, bombas, etc).

Denominação	Unid.	Quant.	Custo unit. [€]	Custo total [€]
Preparação de Terrenos				
• Movimentação de terras	m3	---	---	25.000
Acessos e estradas				
• Estradas com 6 metros de largura	ml	---	---	5.000
• Pavimentações	m2	---	---	5.000
Infra-estruturas exteriores				
• Rede de água potável	Orç.	---	---	1.000
• Rede eléctrica e telecomunicações	Orç.	---	---	2.500
Edifícios (incluindo instalação eléctrica)				
• Edifício de serviços	m2	---	---	60.000
• Casa de caldeiras	m2	---	---	25.000
Estruturas diversas de betão				
• Bacias de retenção para tanques de GNL	m3	---	---	18.000
• Maciços para instalação de equipamentos	m3	---	---	5.000
Diversos				
• Vedações	Orç.	---	---	8.000
• Rede de terras	Orç.	---	---	20.000
• Rede de águas	ml	---	---	6.000
TOTAL (Obra Civil)		---	---	180.500

Quadro 5.23 – Custos das operações de obra civil – Planta Satélite do Porto Santo

Denominação	Unid.	Quant.	Custo unit. [€]	Custo total [€]
Descarga				
• Módulo de descarga de cisternas	Unid.	1	2.500	2.500
Armazenamento de GNL				
• Reservatórios de GNL (120m3)	Unid.	4	128.000	512.000
Regaseificação de GNL				
• Vaporizador de feixe tubular (3.000m3(n)/h)	Unid.	1	17.500	17.500
• Caldeira de chão (635kW)	Unid.	4	1.100	4.400
• Bomba de água quente	Unid.	2	425	850
• Válvula de tres vias motorizada	Unid.	1	1.600	1.600
• Reservatório de água	Unid.	1	400	400
• Re-aquecedor	Unid.	1	6.000	6.000
• Vaporizador Atmosférico (1500m3(n)/h)	Unid.	6	8.750	52.500
Regulação e odorização				
• Rampa de regulação	Unid.	1	26.500	26.500
• Reservatório de odorizante	Unid.	1	7.000	7.000
Contagem				
• Unidade de contagem	Unid.	1	7.350	7.350
Diversos				
• Central de ar comprimido	Unid.	1	7.200	7.200
• Equipamento para combate a incêndio	Orç.	-	18.000	18.000
TOTAL (Equipamentos mecânicos)	-	-	-	663.800

Quadro 5.24 – Custos dos equipamentos mecânicos – Planta Satélite do Porto Santo

O Quadro 5.25 resume o investimento a realizar para a implementação da Planta Satélite da ilha do Porto Santo. Alguns dos valores estimados baseiam-se em custos conhecidos de obras idênticas.

Denominação	Custo total [€]
Obra Civil	180.500
Aquisição de terrenos	100.000
Órgãos e equipamentos mecânicos	663.800
Equipamentos eléctricos, instrumentação e equipamento de controlo	39.500
Aprovisionamento de materiais	32.500
Construções e montagens	112.000
Direcção de supervisão de obra	90.000
Inspecção	22.500
Engenharia	64.500
TOTAL	1.305.300

Quadro 5.25 – Custos globais da Planta Satélite da ilha do Porto Santo, exceptuando os investimentos em aquisição de terrenos

Pode-se concluir que o custo de implementação da Planta Satélite do Porto Santo deverá ser da ordem dos 1.3 milhões de Euros.

No que respeita a custos operativos, estes estão resumidos no Quadro 5.26. Admitiu-se que a operação se faz com 8 funcionários, com um vencimento médio anual de 30.000 €.

Os custos relacionados com o consumo de electricidade e autoconsumo de GN para regaseificação são muito baixos. A regaseificação de GNL é feita fundamentalmente à custa de vaporizadores atmosféricos. Nos curtos períodos em que seja necessário utilizar a vaporização por água quente, tem-se um autoconsumo de GN que não ultrapassa os 3% do caudal regaseificado (P.C.I. do GN) e um consumo eléctrico nas bombas relativamente baixo. Uma vez que o funcionamento destes equipamentos será diminuto, opta-se por não considerar autoconsumos de GN, ficando o consumo eléctrico das bombas incluído nos gastos eléctricos gerais.

Admite-se uma taxa de actualização anual de 3%.

	Custos com o Pessoal 8 func. 30.000Eur./ano [€]	Custos, Abastecimentos, Gastos gerais [€]	Consumo de electricidade [€]	Autoconsumo de GN [€]	TOTAL [€]
Ano 1	0	0	0	0	0
Ano 2	0	0	0	0	0
Ano 3	0	0	0	0	0
Ano 4	0	0	0	0	0
Ano 5	0	0	0	0	0
Ano 6	278.226	69.556	2.087	0	349.869
Ano 7	286.573	71.643	2.149	0	360.365
Ano 8	295.170	73.792	2.214	0	371.176
Ano 9	304.025	76.006	2.280	0	382.311
Ano 10	313.146	78.286	2.349	0	393.781
Ano 11	322.540	80.635	2.419	0	405.594
Ano 12	332.216	83.054	2.492	0	417.762
Ano 13	342.183	85.546	2.566	0	430.295
Ano 14	352.448	88.112	2.643	0	443.203
Ano 15	363.022	90.755	2.723	0	456.500
Ano 16	373.912	93.478	2.804	0	470.195
Ano 17	385.130	96.282	2.888	0	484.300
Ano 18	396.683	99.171	2.975	0	498.829
Ano 19	408.584	102.146	3.064	0	513.794
Ano 20	420.841	105.210	3.156	0	529.208

Quadro 5.26 – Custos operativos da Planta Satélite do Porto Santo

A Planta Satélite do Porto Santo entra em operação no 'Ano 6' e 'Ano 9' para os Cenários II e III respectivamente. Assim sendo, o Quadro 5.26 reflecte os custos de operação da Planta Satélite do Porto Santo para o Cenário II. Para o Cenário III os custos operativos são 0 até ao 'Ano 8' e a partir do 'Ano 9' idênticos aos apresentados no Quadro 5.26.

- Planta Satélite de Santana

Para a Planta Satélite de Santana apenas se consideram os custos de implementação e não os de operação.

Neste caso a operação da Planta Satélite é autónoma, obstando a parcela de custo operativo mais significativa – 'Custos com o Pessoal'. Por outro lado, considerou-se que na Planta Satélite do Porto Santo estariam concentrados os serviços de operação/manutenção da Rede de Distribuição da ilha. No caso da ilha da Madeira estes serviços seriam localizados no Terminal de GNL da RAM, obstando à alocação de 'Custos, Abastecimentos e Gastos gerais' nas Plantas Satélite. O consumo de electricidade é bastante baixo e por isso não se contabiliza.

Os custos de implementação da Planta Satélite de Santana evidenciam-se nos Quadros 5.27 a 5.29.

Denominação	Unid.	Quant.	Custo unit. [€]	Custo total [€]
Preparação de Terrenos				
• Movimentação de terras	m3	---	---	5.000
Acessos e estradas				
• Estradas com 6 metros de largura	ml	---	---	3.000
• Pavimentações	m2	---	---	2.000
Infra-estruturas exteriores				
• Rede de água potável	Orç.	---	---	1.000
• Rede eléctrica e telecomunicações	Orç.	---	---	2.500
Edifícios (incluindo instalação eléctrica)				
• Casa de caldeiras e comando/controle	m2	---	---	25.000
Estruturas diversas de betão				
• Maciços para instalação de equipamentos	m3	---	---	3.000
Diversos				
• Vedações	Orç.	---	---	4.500
• Rede de terras	Orç.	---	---	6.000
• Rede de águas	ml	---	---	6.000
TOTAL (Obra Civil)		---	---	58.000

Quadro 5.27 – Custos das operações de obra civil – Planta Satélite de Santana

Denominação	Unid.	Quant.	Custo unit. [€]	Custo total [€]
Descarga				
• Módulo de descarga de cisternas	Unid.	1	2.500	2.500
Armazenamento de GNL				
• Reservatórios de GNL (20m3)	Unid.	1	44.800	44.800
Regaseificação de GNL				
• Caldeira de chão (255kW)	Unid.	2	950	1.900
• Bomba de água quente	Unid.	2	325	650
• Válvula de tres vias motorizada	Unid.	1	1.600	1.600
• Reservatório de água	Unid.	1	400	400
• Re-aquecedor	Unid.	1	400	400
• Vaporizador Atmosférico (300m3(n)/h)	Unid.	3	2.900	8.700
Regulação e odorização				
• Rampa de regulação	Unid.	1	12.500	12.500
• Reservatório de odorizante	Unid.	1	7.000	7.000
Contagem				
• Unidade de contagem	Unid.	1	2.350	2.350
Diversos				
• Central de ar comprimido	Unid.	1	7.200	7.200
• Equipamento para combate a incêndio	Orç.	-	6.000	6.000
TOTAL (Equipamentos mecânicos)	-	-	-	96.000

Quadro 5.28 – Custos dos equipamentos mecânicos – Planta Satélite de Santana

Denominação	Custo total [€]
Obra Civil	58.000
Aquisição de terrenos	40.000
Órgãos e equipamentos mecânicos	96.000
Equipamentos eléctricos, instrumentação e equipamento de controlo	25.500
Aprovisionamento de materiais	14.500
Construções e montagens	35.000
Direcção de supervisão de obra	25.000
Inspecção	6.000
Engenharia	20.000
TOTAL	320.000

Quadro 5.29 – Custos globais da Planta Satélite de Santana, exceptuando os investimentos em aquisição de terrenos

5.3 Rede de 'district cooling' do Funchal

A rede de 'district cooling' do Funchal parte da Planta Satélite e abastece um conjunto de hoteis. A rede não deverá ter mais de 8.000m incluindo ramais, linhas de fornecimento de frio e linhas de retorno.

A tubagem é em aço carbono, com juntas soldadas e flangiadas nas condutas de maior diâmetro e uniões roscadas nas de menor diâmetro. O isolamento é em poliuretano com uma espessura de aproximadamente 10cm.

O custo de implementação estima-se em 100 € por metro linear, resultando num custo total de 800.000 €. Os custos de operação são muito baixos. Considera-se que o pessoal afecto à rede de transporte e distribuição de GN possa garantir a operação da rede de frio.

5.4 Redes de Transporte/Distribuição da RAM

A Rede de Transporte a construir na RAM abastece os 4 concelhos mais populosos e com maior interesse para o projecto - Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz e Machico.

Admitiu-se que a localização do Terminal de GNL da RAM seria junto do Terminal Marítimo dos Socorridos. Neste caso havia que estender uma Rede de Transporte que abastecesse a Central Termoeléctrica do Caniçal, atravessando os concelhos de Câmara de Lobos, Funchal, Santa Cruz e Machico.

O Caniçal situa-se próximo da extremidade oriental da ilha da Madeira, na costa sul. A partir desta localização seria possível estender uma rede de transporte desde o parque industrial, na zona franca, até um ponto de entrega no concelho de Câmara de Lobos, passando aos Socorridos. Esta rede teria, dependendo do traçado, entre 25 a 35 km.

A rede de transporte estaria dotadas dos pontos de entrega necessários para abastecer os 4 concelhos referidos e as centrais termoeléctricas de Vitória e Caniçal. A partir destes pontos de entrega seriam construídas as redes de distribuição que colocariam o GN à disposição dos seus utilizadores finais.

Para além das redes de distribuição construídas a partir dos pontos de entrega da rede primária, há que considerar as que são abastecidas a partir de Plantas Satélite em regiões isoladas. Estão nesta situação as redes de distribuição da ilha do Porto Santo, da cidade de Santana.

A rede de transporte a implementar na RAM será caracterizada com o detalhe possível atendendo a que não se conhecem traçados. Quanto à rede de distribuição poder-se-á dizer que o projecto de GN para a RAM não irá apresentar particularidades que justifiquem uma abordagem para além da generalista, e que já foi objecto no subcapítulo 2.6.3. Apenas se abordam aspectos relacionados com a quantidade de rede a construir e os seus custos de implementação e operação.

5.4.1 Rede de Transporte

A construção, exploração e operação redes de transporte está enquadrada legalmente na portaria 390/94 de 17 de Junho. Este tipo de redes são designadas por redes primárias de 1º escalão, se a pressão de serviço for superior a 18barg, e de 2º escalão para pressões de serviço entre os 4,0barg e os 18,0barg. A tubagem é de aço carbono com isolamento superficial antí-corrosão, podendo ser implementado um esquema adicional de protecção catódica. As soldaduras devem ser sujeitas a ensaios não destrutivos adequados com uma incidência de 100%. No final da construção, antes do inicio de operação, as linhas devem ser submetidos a ensaios hidráulicos de resistência mecânica.

A Rede de Transporte da ilha da Madeira deveria atravessar os concelhos do Machico, Santa Cruz, Funchal e Câmara de Lobos. A construção desta rede, passando pelos concelhos referidos, é uma tarefa complicada. Em primeiro lugar o relevo da ilha é bastante difícil, estando o traçado sujeito a pendentes muito acentuadas e ao atravessamento algumas de linhas de água (Ribeira do Porto Novo, Ribeira de João Gomes, Ribeira de Sta Luiza, Ribeira de Santo António e Ribeira dos Socorridos). Em segundo lugar haverá certamente a necessidade de construir troços em zonas urbanas, com uma densidade de edificações elevada.

5.4.1.1 Caudais e pontos de entrega

A emissão mínima projectada para o Terminal de GNL da RAM é de 56.000m^3(n)/h (aproximadamente 2,0 vezes os 27.841m^3(n)/h correspondentes à estimativa de consumo de GN do cenário II para o 'Ano 20'). No entanto, apesar da emissão de projecto considerada, os equipamentos seleccionados para o terminal de GNL da RAM permitem valores superiores.

A Rede de Transporte para a ilha da Madeira poderia ser projectada sobre um caudal de 80.000m^3(n)/h. Este caudal poderia ser considerado para a totalidade da extensão da rede, atendendo a que as localizações das principais infra-estruturas (Terminal de GNL da RAM e centrais termoeléctricas) poderiam estar próximas das extremidades das extensões a percorrer pela rede de transporte.

Os pontos de entrega de GN serão as estações de redução, que constituem o interface entre rede de transporte e rede de distribuição. Estes pontos de entrega devem permitir o abastecimento aos concelhos de Machico, Santa Cruz, Funchal e Câmara de Lobos onde se situam 77,6% da população da RAM.

5.4.1.2 Pressão de serviço

A pressão de serviço máxima para a Rede de Transporte da ilha da Madeira deve da ordem dos 18,0barg, que constituem o limite superior estabelecido na Portaria 390/94 de 17 de Junho para rede primária de 2º escalão. As razões que determinam esta escolha são as seguintes:

- é necessário construir troços de Rede de Transporte em zonas urbanas o que só é admissível, pela Portaria 390/94, para redes primárias de 2º escalão;
- o caudal de GN e a distância a percorrer pela Rede de Transporte são relativamente pequenos e estão dentro dos parâmetros típicos das redes primárias de 2º escalão;
- o custo de uma rede primária de 2º escalão é inferior ao de uma rede de 1º escalão.

Apesar das considerações efectuadas existe a necessidade de realçar um aspecto. A Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado da RAM, previsto nos Cenários I, II e III, obriga a uma pressão de abastecimento na ordem dos 35,0barg ou superior. Para satisfazer esta situação seria necessário aumentar a capacidade de bombagem no Terminal de GNL e construir uma rede primária de 1º escalão. A solução passaria por construir a central termoeléctrica o mais próximo possível do Terminal de GNL da RAM, dotando-a de uma rede de transporte dedicada.

5.4.1.3 Custos de implementação e operação

O custo de uma obra de rede primária de 2º escalão pode variar entre os 75 e os 200 € por metro linear de construção, dependendo das dificuldades do traçado, dos requisitos de qualidade definidos nos cadernos de encargo do dono de obra e do diâmetro da tubagem.

O custo de cada estação de redução poderá rondar os 50.000 €.

Para uma rede primária de 2º escalão com extensão máxima de 35.000 metros, com um traçado bastante complicado e 5 estações de redução o seu custo de implementação poderá ascender a 7.250.000 €.

Os custos de operação da Rede de Transporte da ilha da Madeira são bastante baixos. A operação, manutenção e segurança na Rede de Transporte da RAM deve ser assegurada, de uma forma partilhada, pelo pessoal do Terminal GNL e pelo pessoal das Redes de Distribuição.

5.4.2 Rede de Distribuição

No subcapitulo 2.6.3 foram abordadas as características essenciais das redes de distribuição de GN. As redes de distribuição estão enquadradas legalmente pela Portaria 386/94 de 16 de Junho e pouco variam em função do seu local de implantação.

Considera-se ao longo dos 20 anos de projecto a construção de 100.000, 200.000 e 250.000 metros de rede secundária, para os Cenários I, II e III respectivamente. Isto significa que, por cada dia útil, são construídos em média aproximadamente 20, 40 e 50 metros de rede para os Cenáios I, II e III respectivamente.

O custo de construção de Rede de Distribuição varia entre os 50 e os 75 € por metro linear, dependendo do diâmetro da tubagem e das características da zona de implementação da rede. O Quadro 5.30 resume os custos de implementação da Rede de Distribuição da RAM, admitindo uma intensidade de construção uniforme ao longo dos 20 anos de projecto.

O custo de operação da rede está fundamentalmente associado à necessidade de colocar um piquete permanente que possa acorrer a situações de emergência como por exemplo: seccionamento de partes da rede onde ocorram intervenções que possam provocar fugas de GN, rearmar redutores de 2ª ou 3ª classe e dar apoio aos utilizadores da rede. Para as redes da ilha de Porto Santo este trabalho é efectuado pelo pessoal da Planta Satélite, cujos custos de operação se contabilizaram no subcapítulo 5.2.4. Para as redes da ilha da Madeira considera-se que este trabalho pode ser realizado por 4 operadores que, entre outras coisas, também partilham a operação da Rede de Transporte e supervisionam a construção da Rede de Distribuição. Admite-se um vencimento médio de 30.000 € por ano e uma taxa de actualização de 3%.

No Quadro 5.31 estão resumidos os custos operativos da rede de distribuição da ilha da Madeira. Assume-se no Cenário I que a operação das Redes de Distribuição da RAM se faz com 2 operadores, auxiliados sempre que necessário por pessoal do Terminal de GNL.

	Cenário I		Cenário II		Cenário III	
	Construção anual de Rede de Distribuição [ml]	Custo da construção de Rede de distribuição [€]	Construção anual de Rede de Distribuição [ml]	Custo da construção de Rede de distribuição [€]	Construção anual de Rede de Distribuição [ml]	Custo da construção de Rede de distribuição [€]
Ano 1	5.000	375.000	10.000	750.000	12.500	937.500
Ano 2	5.000	386.250	10.000	772.500	12.500	965.625
Ano 3	5.000	397.838	10.000	795.676	12.500	994.595
Ano 4	5.000	409.773	10.000	819.546	12.500	1.024.433
Ano 5	5.000	422.066	10.000	844.132	12.500	1.055.165
Ano 6	5.000	434.728	10.000	869.456	12.500	1.086.820
Ano 7	5.000	447.770	10.000	895.540	12.500	1.119.425
Ano 8	5.000	461.203	10.000	922.406	12.500	1.153.008
Ano 9	5.000	475.039	10.000	950.078	12.500	1.187.598
Ano 10	5.000	489.290	10.000	978.580	12.500	1.223.225
Ano 11	5.000	503.969	10.000	1.007.938	12.500	1.259.923
Ano 12	5.000	519.088	10.000	1.038.176	12.500	1.297.720
Ano 13	5.000	534.660	10.000	1.069.320	12.500	1.336.650
Ano 14	5.000	550.700	10.000	1.101.400	12.500	1.376.750
Ano 15	5.000	567.221	10.000	1.134.442	12.500	1.418.053
Ano 16	5.000	584.238	10.000	1.168.476	12.500	1.460.595
Ano 17	5.000	601.765	10.000	1.203.530	12.500	1.504.413
Ano 18	5.000	619.818	10.000	1.239.636	12.500	1.549.545
Ano 19	5.000	638.412	10.000	1.276.824	12.500	1.596.030
Ano 20	5.000	657.565	10.000	1.315.130	12.500	1.643.913
Total	100.000	10.076.390	200.000	20.152.780	250.000	25.190.975

Quadro 5.30 – Custos de implementação para as redes de distribuição de GN na RAM - Cenários I, II e III

	Cenário I	Cenário II	Cenário III
	Custo de operação [€]	Custo de operação [€]	Custo de operação [€]
Ano 1	60.000	120.000	120.000
Ano 2	61.800	123.600	123.600
Ano 3	63.654	127.308	127.308
Ano 4	65.564	131.127	131.127
Ano 5	67.531	135.061	135.061
Ano 6	69.557	139.113	139.113
Ano 7	71.643	143.286	143.286
Ano 8	73.793	147.585	147.585
Ano 9	76.006	152.012	152.012
Ano 10	78.287	156.573	156.573
Ano 11	80.635	161.270	161.270
Ano 12	83.054	166.108	166.108
Ano 13	85.546	171.091	171.091
Ano 14	88.112	176.224	176.224
Ano 15	90.756	181.511	181.511
Ano 16	93.478	186.956	186.956
Ano 17	96.283	192.565	192.565
Ano 18	99.171	198.342	198.342
Ano 19	102.146	204.292	204.292
Ano 20	105.211	210.421	210.421
Total	1.612.223	3.224.445	3.224.445

Quadro 5.31 – Custos de operação para as redes de distribuição de GN na RAM - Cenários I, II e III

5.5 Custos Globais do Projecto

Os custos parciais para o projecto de GN na RAM foram sendo apresentados ao longo deste capítulo, com a descrição das infra-estruturas a ele directamente imputáveis. Como se pode constatar estes custos dependem dos cenários no qual o projecto se enquadra. Temos:

- Custos de implementação antes da exploração económica do projecto, isto é, antes do Terminal de GNL da RAM iniciar o fornecimento de GN às centrais termoeléctricas do Caniçal e Vitória. Estes custos vão ser denominados *custos do 'Ano 0'* , e estão relacionados com:

    - a construção do Terminal de GNL da RAM – Cenários I, II e III;
    - a construção da Rede de transporte da ilha da Madeira – Cenários I,II e III.

- Temos:

    - um custo de 53.800.000 Euros para a implementação do terminal de GNL;
    - um custo de 7.250.000 Euros para a implementação da rede primária da ilha da Madeira;
    - Um custo global para o 'Ano 0' de 61.050.000 Euros.

- Custos de implementação para a Planta Satélite da ilha do Porto Santo, imputados no ano anterior à entrada em serviço da mesma. Para o Cenário II os custos são imputados no 'Ano 5' de projecto e para o Cenário III no 'Ano 8'.

    - custo de implementação da Planta Satélite da ilha do Porto Santo: 1.305.300 Euros.

- Custos de implementação para a Planta Satélite de Santana, a imputar no 'Ano 10' de projecto – Cenário III

    - custo de implementação da planta Satélite de Santana: 320.000 Euros.

- Custos de implementação para a rede de frio do Funchal: 800.000 Euros
- Custos de implementação para a Rede de Distribuição da RAM: de acordo com o Quadro 5.30.
- Custos de operação relacionados com:

    - operação, manutenção e segurança do Terminal de GNL da RAM e Plantas Satélite da ilha da Madeira: de acordo com o Quadro 5.18;
    - operação, manutenção e segurança da Planta Satélite e redes de distribuição de GN da ilha do Porto Santo: de acordo com o Quadro 5.26;
    - operação manutenção e segurança das Redes de Transporte e Distribuição (GN e frio) da ilha da Madeira: de acordo com o Quadro 5.31.

Estes custos estão totalizados por Cenário no Quadro 5.32.

	Cenário I Custos totais do Projecto de GN [€]	Cenário II Custos totais do Projecto de GN [€]	Cenário III Custos totais do Projecto de GN [€]
Ano 0	61.050.000	61.050.000	61.050.000
Ano 1	2.324.907	2.759.907	2.947.407
Ano 2	2.394.752	2.842.802	3.035.927
Ano 3	2.466.696	2.928.188	3.127.107
Ano 4	2.540.801	3.016.137	3.221.024
Ano 5	2.617.079	4.411.975	3.317.708
Ano 6	2.695.646	3.549.799	3.417.294
Ano 7	2.776.515	3.656.293	3.519.813
Ano 8	2.859.870	3.766.041	4.930.767
Ano 9	2.945.725	3.879.081	4.116.601
Ano 10	3.034.097	3.995.454	5.360.099
Ano 11	3.154.004	4.144.202	4.396.187
Ano 12	3.248.624	4.268.528	4.528.072
Ano 13	3.346.150	4.396.650	4.663.980
Ano 14	3.446.604	4.528.619	4.803.969
Ano 15	3.550.003	4.664.479	4.948.090
Ano 16	3.656.576	4.804.487	5.096.606
Ano 17	3.766.274	4.948.621	5.249.504
Ano 18	3.879.341	5.097.159	5.407.068
Ano 19	3.995.801	5.250.153	5.569.359
Ano 20	4.115.676	5.407.659	5.736.442
Total	**123.865.141**	**143.366.234**	**148.443.024**

Quadro 5.32 – Custos totais para implementação do Projecto de GN na RAM - Cenários I, II e III

6 Análise dos Cenários para o Projecto de GNL

Nesta fase do estudo impõe-se analisar os cenários considerados para a implementação de GN na RAM. A análise das tecnologias dos diferentes cenários foi realizada em simultâneo com a definição e dimensionamento das infra-estruturas, levada a cabo no Capítulo 5. Interessa aferir se as soluções apontadas são concretizáveis no plano económico.

Antes de prosseguir é fundamental discutir as implicações da liberalização do sector energético, apontando os desafios que se colocam aos diversos operadores na RAM.

6.1 Liberalização do sector energético

A liberalização do sector energético no seio da comunidade europeia tornou-se uma meta com um horizonte máximo fixado no final do ano 2007. A análise de um projecto de GNL para a RAM terá que ser realizada considerando os pressupostos da liberalização.

Nas últimas décadas as políticas energéticas dos vários estados membros da comunidade europeia apontaram para a existência de determinados monopólios regionais. Esses monopólios assentam na forte participação pública que os principais operadores energéticos registavam.

Em Portugal os principais operadores energéticos são a Galpenergia e a EDP onde o accionista de referência continua a ser o estado. No sector gasista a Galpenergia incorpora a GDPd, que detém a maioria do capital das concessionárias regionais para distribuição de GN, a Transgás, detentora da rede de transporte e a Transgás Atlântico, que detém o Terminal de GNL de Sines. Nesta situação, as vendas de GN para as Centrais Termoeléctricas (Tapada do Outeiro e Carregado) têm impreterivelmente que passar pela Galpenergia, uma vez que apenas esta detém os activos capazes de realizar o referido fornecimento. No sector eléctrico, acontecia que a EDP na qualidade de proprietária da rede de transporte de alta tensão beneficiava de similar situação privilegiada.

Em Espanha passava-se o mesmo com a Repsol, accionista de referência da Gás Natural e Enagás, homólogas da GDP e Transgás respectivamente. Por sua vez em França era a EDF detentora da GDF, monopolizando quase por inteiro o sector energético. De um modo análogo, as mesmas conjunturas repetiam-se um pouco por todo o espaço comunitário, embora os exemplos dados sejam os mais emblemáticos do anterior paradigma.

O advento da liberalização coloca um ponto de inflexão em toda esta orientação. Em Portugal a rede de gasoductos e transporte de energia eléctrica em alta tensão autonomiza-se numa nova empresa: a REN – Rede Energética Nacional. Em Espanha a Enagás passa a gestor o sistema de transporte por gasoductos e operações nos Terminais de GNL à ela conectados. Nos restantes estados membros a autonomização das infra-estruturas de transporte começa igualmente a efectuar-se.

Uma das implicações da liberalização passa pela obrigatoriedade de partilhar as estruturas de transporte de GN e electricidade, bem como o acesso aos Terminais de GNL por parte dos operadores existentes. As empresas detentoras destes activos, que antes tinham um papel preponderante no negócio, levando a cabo as vendas e importações de grandes volumes de energia passam apenas a concessionar o transporte. Assim, a concessão de Terminais de GNL e redes de transporte de energia (GN e electricidade) poder-se-á considerar, na sua essência, semelhante a uma concessão de uma auto-estrada na qual os diversos utilizadores pagam o serviço não podendo existir à partida descriminação em virtude de quem se propõe a beneficiar do mesmo.

Esta nova realidade abre um conjunto de perspectivas para operadores privados, nos sectores eléctricos e gasistas, fomentando o investimento em infra-estrutura de produção, uma vez que passa a existir livre acesso ao transporte.

Do lado dos utilizadores, estes passam a poder optar pelo seu fornecedor, por exemplo deixa de ser obrigatório a EDP comprar o GN à Transgás/Galpenergia.

Para os tradicionais grandes produtores e distribuidores faz menos sentido investir em infra-estrutura de transporte de energia, uma deixam de usufruir do monopólio da sua utilização. Os Terminais de GNL e redes de transporte de energia tornam-se instrumentos fundamentais para a política energética regional, sabendo-se que a sua disponibilidade potencía a concorrência no sector, implicando melhores tarifários e projectando as economias.

Em virtude da liberalização os accionistas de referência nos principais produtores energéticos, bem como distribuidores passam a ser privados, com grande incidência para instituições bancárias. Cabe ao estado manter posições dominantes nas concessões de redes de transporte e Terminais de GNL, afim de poderem manter alguma capacidade reguladora.

Desta forma, colocam-se grandes desafios para o produtores ao nível da optimização de processos. A competitividade dos produtores no mercado liberalizado passa por modernização de infra-estruturas, optimização da logística associada ao processo de produção e criação de parcerias estratégicas. Estas parcerias visam interligar os sistemas ‘up-stream’ e ‘down-stream’ que passam a estar desagregados em virtude da barreira imposta no transporte.

6.2 Implicações da liberalização na RAM

A primeira implicação que se pode apontar para a RAM em virtude da liberalização é a necessidade de dotar o arquipélago de infra-estruturas que permitam incentivar a presença de novos operadores, capazes de potenciar maior concorrência às indispensáveis importações de recursos não renováveis. A RAM passaria assim a deixar de estar refém das empresas detentoras dos parques de combustíveis, permitindo aos seus operadores conduzirem as transacções com quem lhes ofereça melhores contrapartidas.

Esta situação permitiria relançar a iniciativa privada no sector eléctrico, obrigando a um esforço de actualização por parte do principal operador, a EEM, na melhoria do rendimento da sua estrutura de produção.

Os utilizadores passariam a dispor de melhor preço para a energia fomentando o desenvolvimento de sectores carenciados, nomeadamente o sector primário e secundário. A economia da RAM sairia fortemente beneficiada.

Por outro lado a não flexibilização dos canais de importação de GN e produtos petrolíferos acarretaria a que, na prática, a RAM ficasse excluída do processo da liberalização. Neste caso, as assimetrias entre a RAM e o continente seriam acentuadas e a região poderia enfrentar perda de competitividade face a outras regiões com uma oferta idêntica em termos de produtos turísticos, dos quais a RAM depende fortemente. As iniciativas nas Canárias e Baleares podem projectar as economias destas regiões para índices de desenvolvimento que penalizem fortemente a RAM.

As implicações de avançar ou não para um Projecto de GN na RAM são numa primeira análise a potenciação de um Cenário de desenvolvimento Alto ou Baixo, respectivamente. Estes cenários estão previstos no PPERAM e têm forte correlação com a competitividade da RAM face aos seus concorrentes mais directos, no fornecimento de produtos na qual a economia regional assenta.

6.3 Energia Final

O primeiro aspecto que interessa focar para a discussão de resultados refere-se à Procura de Energia Final no que respeita ao GN. Nos Quadros 6.1, 6.2 e 6.3 desagrega-se essa procura por aplicações para os Cenários I, II e III respectivamente.

Sectores	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Apar. domésticos e Terciários	922	3 957	5 842	7 903	9 810
Aparelhos Industriais	387	1 102	1 094	1 198	1 329
Veículos	0	0	0	0	0
Total	1 309	5 059	6 936	9 101	11 139

Quadro 6.1 – Procura de Energia Final em GN na RAM, por aplicações para o Cenário I – 2000-2020

Sectores	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Apar. domésticos e Terciários	1 126	6 132	11 118	16 513	21 673
Aparelhos Industriais	258	1 377	2 130	2 853	3 583
Veículos	330	2 801	6 145	9 832	13 555
Total	1 714	10 310	19 393	29 199	38 811

Quadro 6.2 – Procura de Energia Final em GN na RAM, por aplicações para o Cenário II – 2000-2020

Sectores	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Apar. domésticos e Terciários	1 229	6 522	11 311	16 048	21 207
Aparelhos Industriais	276	1 341	1 885	2 467	3 077
Veículos	466	3 779	7 978	12 765	17 591
Total	1 971	11 641	21 175	31 280	41 874

Quadro 6.3 – Procura de Energia Final em GN na RAM, por aplicações para o Cenário III – 2000-2020

As principais aplicações consideradas são:

- Aparelhos domésticos e terciários destinados fundamentalmente à confecção de alimentos, aquecimento de águas sanitárias e aquecimento ambiente;
- Aparelhos industriais, maioritariamente caldeiras e geradores de vapor utilizadas nos sectores industrial, hoteleiro e serviços diversos;
- Veículos a GN – automóveis ligeiros e transportes colectivos.

De seguida interessa analisar se esta Procura de Energia Final em GN é plausível, atendendo aos produtos de substituição com o qual o GN concorre.

No que respeita aos aparelhos domésticos e terciários o GN concorre directamente com o GPL. O GN tem como argumentos favoráveis:

- O preço, sendo inevitável que a gestão de uma rede de abastecimento de GN acarreta custos de operação muito inferiores à da distribuição de GPL, seja por garrafa ou por granel.
- A segurança, uma vez que o peso específico do GN, constituído maioritariamente por metano, é inferior ao do ar atmosférico; contrariamente ao propano e butano que sendo mais pesados que o ar se concentram em zonas baixas potenciando situações de risco maior.

- O conforto, sendo o factor que porventura tem maior peso. Este conforto está relacionado no fundamental com o fornecimento de GPL em garrafas que obriga a armazenagem e preocupações de abastecimento que não ocorrem no fornecimento de GN. Também no consumo de GPL a granel cabe ao proprietário o controlo do nível no reservatório, pedir os abastecimentos, ceder espaço para o parque de armazenagem e alguns outros inconvenientes.

Numa área abrangida por uma rede de distribuição de GN, os GPL não tem argumentos para obstar da penetração do GN.

No que respeita aos aparelhos industriais – caldeiras e geradores de vapor – o preço do GN aproxima-se do fuelóleo. No entanto existem algumas vantagens evidentes:

- Não existe necessidade de reservatórios de armazenagem que ocupam um espaço considerável na propriedade do cliente. Quando os clientes são hotéis ou edifícios de serviços os reservatórios de fuelóleo, por pequenos que sejam, têm um impacte estético bastante negativo.

- Não existe necessidade de controlar os consumos e os aprovisionamentos.

- Não é necessário dispor de espaço para manobra de cisternas.

- As caldeiras e geradores de vapor a GN são menos dispendiosas que as de fuelóleo.

Por fim, no que respeita aos veículos a GN o factor de escolha terá que ser o preço do combustível. Em tudo o resto os veículos a GN são pouco concorrenciais, seja pelo seu preço ou devido ao menor número de estações de enchimento.

No caso de frotas de transporte colectivo, o preço do combustível é o factor determinante, havendo por esta razão um considerável número de autocarros movidos a GN em circulação. Nestes casos é habitual colocar estações de enchimento nos parques, permitindo que o abastecimento de GN chegue pela rede de distribuição, sendo o combustível pago na factura mensal do contador

6.4 Produção Eléctrica

A Produção Eléctrica na RAM a partir do GN, independentemente do cenário de implementação do projecto que se considere, contempla a construção de uma Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado. O sistema electroprodutor de origem termoeléctrica para a RAM, no ‘Ano 20’ tem as seguintes características:

- <u>Cenário I</u>
    - Central Termoeléctrica de Vitória: 108.800kW;
    - Central Termoeléctrica do Caniçal: 24.000kW;
    - Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN da ilha da Madeira: 150.000kW;
    - Central Termoeléctrica do Porto Santo: 30.820kW (Fuel).
- <u>Cenário II</u>
    - Central Termoeléctrica de Vitória: 88.100kW;
    - Central Termoeléctrica do Caniçal: 24.000kW;

- Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN da ilha da Madeira: 180.000kW;
- Central Termoeléctrica do Porto Santo: 37.700kW (GN).

➢ Cenário III

- Central Termoeléctrica de Vitória: 108.800kW;
- Central Termoeléctrica do Caniçal: 24.000kW;
- Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN da ilha da Madeira: 150.000kW;
- Central Termoeléctrica do Porto Santo: 30.820kW (GN).

Os Quadros 6.4, 6.5 e 6.6 reflectem a evolução da Produção Termoeléctrica na RAM durante os 20 anos de projecto de GN.

Origem da Produção	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Térmica (Fuel e Gasoleo)	17 533 (38%)	2 470 (5%)	3 010 (5%)	3 417 (5%)	3 870 (5%)
Térmica (GN – Turbina a Vapor)	28 205 (62%)	51 221 (95%)	3 556 (5%)	8 618 (12%)	14 252 (17%)
Térmica (GN – Ciclo Combinado)	---	---	58 872 (90%)	62 247 (83%)	66 002 (78%)
Total	45 738	53 691	65 438	74 282	84 124

Quadro 6.4 – Evolução da Produção Termoeléctrica para o Cenário I – 2000-2020

Origem da Produção	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Térmica (Fuel e Gasoleo)	17 533 (38%)	---	---	---	---
Térmica (GN – Turbina a Vapor)	28 205 (62%)	2 811 (5%)	10 873 (13%)	16 539 (18%)	23 883 (23%)
Térmica (GN – Ciclo Combinado)	---	58 293 (95%)	72 493 (87%)	75 990 (82%)	80 521 (77%)
Total	45 738	61 104	83 366	92 529	104 404

Quadro 6.5 – Evolução da Produção Termoeléctrica para o Cenário II – 2000-2020

Origem da Produção	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Térmica (Fuel e Gasoleo)	17 533 (38%)	2 312 (5%)	---	---	---
Térmica (GN – Turbina a Vapor)	28 205 (62%)	47 941 (95%)	4 789 (8%)	12 369 (17%)	20 348 (23%)
Térmica (GN – Ciclo Combinado)	---	---	57 775 (92%)	62 453 (83%)	67 376 (77%)
Total	45 738	50 253	62 564	74 822	87 724

Quadro 6.6 – Evolução da Produção Termoeléctrica para o Cenário III – 2000-2020

A construção de uma nova central surge como uma consequência da necessidade de aumentar a capacidade de produção eléctrica na RAM e não necessariamente como estratégia do projecto de GN. Constata-se que as necessidades de produção termoeléctrica necessitam um incremento entre os 84% (Cenário I) e os 128% (Cenário II) em virtude das projecções para o sector energético. Por esta razão, os investimentos a realizar no sistema electroprodutor não devem ser imputados directamente ao projecto.

Existindo disponibilidade de GN na RAM interessa determinar qual a solução mais adequada para o aumento de capacidade no sistema de produção de origem térmica. As vantagens de adopção de uma Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN são as seguintes:

- O custo de implementação de uma Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN é manifestamente inferior ao de continuar a ampliar a estrutura existente com grupos de pequena capacidade a fuelóleo.

- O espaço físico ocupado por uma Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN é inferior ao necessário para implementar um conjunto de grupos a fuelóleo de capacidade global equivalente.

- Não são necessários tanques de armazenagem de fuelóleo na Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN, diminuindo os custos de implementação e o espaço físico necessário.

- Os custos de operação de uma Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN são inferiores ao da Central Termoeléctrica a fuelóleo, uma vez que o aprovisionamento de GN não requer pessoal adstrito a trasfegas de cisternas e armazenagem de combustível

- O rendimento da Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN aproxima-se dos 60% contra os 41,3% que se conseguem no actual sistema de produção, optimizado ao limite.

- Os investimentos numa Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN são passíveis de ser comparticipados por fundos comunitários em montantes que podem chegar ao 40% do custo global, sendo bastante improvável a obtenção de subvenção para uma central termoeléctrica a fuelóleo.

Pelos motivos apresentados, torna-se claro que as vantagens em implementar uma Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN na RAM não deixam margem para considerar uma outra opção.

Se por um lado a opção de dotar a RAM de uma nova Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado a GN parece clara, por outro, a conversão das actuais infra-estruturas de Fuelóleo para GN não é assim tão evidente. As vantagens da conversão de fuelóleo para GN nas Centrais de Vitória, Caniçal e Porto Santo são: a economia de espaço físico e a redução de alguns custos de operação. No entanto, não se conseguem melhorias substanciais no rendimento das centrais e existe a necessidade de realizar alguns investimentos, ainda que os mesmos possam ser comparticipados pela Comunidade. O preço do GN face ao fuelóleo não constitui, por si só, argumento suficiente para a conversão.

A principal razão que deve ser invocada para a conversão da actual estrutura de produção eléctrica é a de esta viabilizar a implementação do projecto de GN permitindo aos operadores instalados a possibilidade de obterem contrapartidas a médio prazo, que se materializam na possibilidade de passar a produzir em ciclo combinado. Para além deste motivo, existem as razões ambientais que numa conjectura futura passarão a prever penalidades para os 'operadores poluidores', ao invés de manter a actual política que apenas descrimina positivamente os menos poluidores através da atribuição de incentivos.

O rendimento global de conversão termoeléctrica passa, no ano de 2020, a ser de 55% (para os Cenários I, II e III) contra os 41,3% actuais. Atendendo a que no mercado SPOT é espectável que o preço do GN acompanhe o do fuelóleo, restam poucas dúvidas quanto ao real interesse dos operadores eléctricos num projecto de GN para a RAM.

6.5 Energia Primária

A conversão de consumos de GPL, fuelóleo, gasóleo e gasolina para GN, associado à utilização preferencial do GN na produção termoeléctrica, redistribui a procura de energia primária na RAM. Esta redistribuição afecta os combustíveis mas não interfere na procura de recursos regionais. Assim sendo, a implementação de um projecto de GN na RAM terá o seu impacto, exclusivamente, ao nível das importações de combustíveis fósseis (produtos petrolíferos e GN).

A procura primária em combustíveis fósseis para a RAM é comparada para os Cenários Baixo, Alto e Voluntarista com os Cenários I, II e III, respectivamente. Os Cenários Baixo, Alto e Voluntarista foram apresentados no subcapítulo 4.1, tendo sido obtidos do PPERAM, sem se prever um projecto de GN na RAM. Os Cenários I, II e III reflectem os Cenários Baixo, Alto e Voluntarista na perspectiva do projecto de GN. Os Quadros 6.7 a 6.12 apresentam a procura de energia primária em combustíveis fósseis para os Cenários Baixo, Alto, Voluntarista, I, II e III.

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Fuelóleo	117 890	135 657	159 605	181 176	205 180
Gasóleo	91 858	117 616	127 561	135 995	142 077
Gasolina	47 268	60 831	66 985	72 065	75 668
GPL	26 735	31 310	35 489	38 955	40 688
Jet A1	14 419	15 920	17 577	18 895	19 807
Total	298 170	361 334	407 217	447 086	483 420

Quadro 6.7 – Procura de Primária em Combustíveis Fósseis na RAM para o Cenário Baixo - 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Fuelóleo	49 068	10 533	10 597	11 064	11 821
Gasóleo	91 858	117 616	127 561	135 995	142 077
Gasolina	47 268	60 831	66 985	72 065	75 668
Gás Natural	69 602	129 081	113 666	133 712	155 651
GPL	25 813	27 353	29 647	31 053	30 878
Jet A1	14 419	15 920	17 577	18 895	19 807
Total	298 028	361 334	366 033	402 784	435 902

Quadro 6.8 – Procura de Primária em Combustíveis Fósseis na RAM para o Cenário I - 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Fuelóleo	117 890	147 952	201 855	224 041	252 794
Gasóleo	91 858	129 191	152 528	165 124	172 627
Gasolina	47 268	66 378	79 015	87 754	92 176
GPL	26 735	34 522	42 263	47 387	49 949
Jet A1	14 419	16 716	19 378	21 422	22 502
Total	298 170	394 759	495 039	545 728	590 048

Quadro 6.9 – Procura de Primária em Combustíveis Fósseis na RAM para o Cenário Alto - 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Fuelóleo	49 197	4 880	3 053	1 870	909
Gasóleo	91 640	127 343	148 472	158 635	163 681
Gasolina	47 156	65 426	76 926	84 411	87 567
Gás Natural	70 007	114 271	166 542	195 895	230 841
GPL	25 609	28 390	31 145	30 874	28 276
Jet A1	14 419	16 716	19 378	21 422	22 502
Total	298 028	357 026	445 516	493 107	533 776

Quadro 6.10 – Procura de Primária em Combustíveis Fósseis na RAM para o Cenário II - 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Fuelóleo	117 890	127 920	151 487	181 167	212 407
Gasóleo	91 858	124 791	142 154	154 816	161 757
Gasolina	47 268	63 967	73 265	80 178	84 187
GPL	26 735	32 298	36 643	38 625	40 606
Jet A1	14 419	16 109	17 969	20 344	21 361
Total	298 170	365 085	421 518	475 130	520 318

Quadro 6.11 – Procura de Primária em Combustíveis Fósseis na RAM para o Cenário Voluntarista - 2000-2020

Produtos	2000 [tep]	2005 [tep]	2010 [tep]	2015 [tep]	2020 [tep]
Fuelóleo	49 178	9 874	2 913	1 851	1 026
Gasóleo	91 551	122 923	136 889	146 391	150 147
Gasolina	47 110	62 682	70 553	75 838	78 206
Gás Natural	70 264	127 721	129 062	165 317	203 436
GPL	25 506	25 776	25 331	22 577	19 400
Jet A1	14 419	16 109	17 969	20 344	21 361
Total	298 028	365 085	382 717	432 318	473 576

Quadro 6.12 – Procura de Primária em Combustíveis Fósseis na RAM para o Cenário III - 2000-2020

A observação dos Quadros 6.7 a 6.12 permite constatar que, para cenários homólogos, o valor total da procura primária em combustíveis fósseis é idêntico até à entrada em funcionamento da Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado e, para o Cenário III das redes de frio resultantes de aproveitamentos energéticos nos processos de regaseificação do GNL. Esta situação fica a dever-se à melhoria de rendimento termoeléctrico, evidenciada no subcapitulo anterior.

Outra das situações reportáveis é a da procura total em combustíveis fósseis ser, no ano de 2005, menor no Cenário II que no Cenário III, homólogos dos Cenários Alto e Voluntarista respectivamente. Esta situação, aparentemente contraditória, é meramente circunstâncial e deve-se à entrada em funcionamento da Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado no ano 2005 para o Cenário II, três anos antes de no Cenário III.

Produtos	Custo de Aquisição [10^6 €]	Sobrecustos [10^6 €]	Custo Total de Importação [10^6 €]	Custo Específico Total [€/tep]
Fuelóleo	26,5	4,0	30,6	259,6
Gasóleo	28,6	2,9	31,5	342,9
Gasolina	26,9	1,4	28,3	598,7
GPL	12,8	4,3	17,1	639,6
Jet A1	22,1	1,5	23,6	1636,7
Total	116,9	14,1	131,0	439,3

Fonte AERAM

Quadro 6.13 – Custos de Importação dos Produtos Petrolíferos em 2000

O Quadro 6.13 apresenta os custos de importação dos produtos petrolíferos na RAM para o ano 2000. Admitindo-se uma taxa de actualização anual de 3% podem estimar-se os custos das importações de produtos petrolíferos para os Cenários Baixo, Alto e Voluntarista.

Cenários	*2000* [10^6 €]	*2005* [10^6 €]	*2010* [10^6 €]	*2015* [10^6 €]	*2020* [10^6 €]
Baixo	131,1	183,2	237,5	300,1	371,6
Alto	131,1	199,3	283,2	362,5	449,3
Voluntarista	131,1	187,0	248,3	321,1	400,9

Quadro 6.14 – Custos de Importação dos Produtos Petrolíferos – 2000-2020

Poder-se-á considerar que, do ponto de vista da procura primária, o projecto de GN torna-se economicamente viável se os custos de importação da energia forem equivalentes. O Quadro 6.15 resume o custo específico do GN, abaixo do qual o projecto de GN é economicamente favorável. Os valores apresentados não contemplam a taxa de actualização anual, para melhor poderem ser comparados com os custos específicos apresentados no Quadro 6.13.

Cenários	*2000* [€/tep]	*2005* [€/tep]	*2010* [€/tep]	*2015* [€/tep]	*2020* [€/tep]
I	265,2	271,2	373,2	368,1	362,8
II	267,0	369,9	368,4	369,9	368,6
III	267,9	283,6	381,5	376,9	373,6

Quadro 6.15 – Custos de Importação do GN – 2000-2020

Os valores apresentados no Quadro 6.15 evidenciam que, a partir do momento em que entre em funcionamento a nova Central Termoeléctrica, o projecto de GN poderá ser viável com custos específicos de importação para o GN na ordem dos do gasóleo (ver Quadro 6.13).

Consultando os Quadros 6.4 a 6.6 é possível verificar que, no ano 2020, para os Cenários I, II e III a produção termoeléctrica a partir da nova Central de Ciclo Combinado cobre 77~78% da procura de energia eléctrica. O facto de se privilegiar a produção em ciclo combinado permite melhorar o rendimento de conversão termoeléctrico para valores na ordem dos 55%, no ano 2020. Estes valores aproximam-se ainda mais dos 60% nos primeiros anos de actividade da nova central – 2005 no Cenário II e 2008 nos Cenários I e III. Assim, para o ano 2020, se o custo de importação do GN fosse aproximadamente 1,38 do custo de fuelóleo, o que corresponde a 357,5 Euros/tep (valores não actualizados), estaríamos numa situação de equilíbrio. Este custo de importação corresponde sensivelmente ao custo específico do gasóleo.

Fica mais uma vez evidente que a implementação de um projecto de GN na RAM não deve ser dissociado da modernização da estrutura de produção eléctrica, na lógica de um mercado liberalizado. Se por um lado a liberalização obriga a que a infra-estrutura de produção e distribuição energética esteja independente da de transporte e respectivos interfaces (terminais de GNL), por outro o projecto só é realizável se for passível de se traduzir em vantagens para os utilizadores finais, motivando-os a preterir os actuais recursos em detrimento do GN. Os argumentos aos quais os diversos utilizadores e operadores são mais sensíveis são os económicos; no caso dos operadores eléctricos os argumentos económicos dependem, consideravelmente, da melhoria de rendimento decorrente da actualização da infra-estrutura de produção.

6.6 Amortização da infra-estrutura

A amortização das infra-estruturas dos projectos de GN estão vinculadas a períodos extensos. Para Terminais de GNL, Plantas Satélite e Redes de Transporte os períodos de amortização devem ser de, pelo menos, 20 anos. As Redes de Distribuição devem ter períodos de amortização superiores. A tubagem de polietileno deve permitir no mínimo 50 anos de serviço em perfeitas condições.

As projecções efectuadas no capítulo 4, relativamente à procura de energia, são para os anos 2000 a 2020. Os consumos de GN afectos a este período apenas permitem retirar conclusões para as amortizações dos investimentos do ‘Ano 0’ de projecto. Com efeito, apenas o Terminal de GNL e a Rede de Transporte da RAM concluiriam no ano 2020 duas décadas de actividade.

Das restantes infra-estruturas imputáveis ao projecto: a Planta Satélite do Porto Santo completaria 20 anos em 2025; as Plantas Satélite do Funchal e Santana no ano 2030; as redes de distribuição de frio e GN deveriam ser vinculados a períodos superiores aos 20 anos. A análise da amortização destas infra-estruturas considera-se for a do âmbito do presente estudo.

6.6.1 Amortização do Terminal de GNL e Rede de Transporte

A amortização das infra-estruturas do projecto de GN da RAM dependeria à partida de um conjunto de aspectos onde se incluem o esquema de financiamento das infra-estruturas, incluindo empréstimos e respectivos juros; as participações dos eventuais detentores das infra-estruturas; os benefícios fiscais e subsídios comunitários com que o projecto possa ser contemplado.

Atendendo à dificuldade em objectivar os aspectos referidos no parágrafo anterior a análise que se efectua parte do montante considerado para o investimento de ‘Ano 0’ (ver subcapítulo 5.5) e dos custos operativos do Terminal de GNL e Rede de Transporte. Os custos a amortizar são:

- Investimento do 'Ano 0': 61.050.000 €;
  - Terminal de GNL da RAM: 53.800.000 €;
  - Rede de Transporte da RAM: 7.250.000 €;
- Custos operativos do Terminal de GNL e Rede de Transporte da RAM: 51.126.521 €;
- Custo Total do projecto de GN a amortizar no período 2000-2020: 112.176.521 €.

O Quadro 6.16 apresenta os consumos totais de GN e GNL para a RAM em função dos Cenários I, II e III. A amortização dos custos acima referidos terá que ser feita à custa das vendas de GN, isto é, da diferença entre o custo de importação e custo total incluindo margens.

Na lógica da liberalização não cabe aos operadores do Terminal de GNL e Rede de Transporte estarem envolvidos no negócio de venda do GN. A estes cabe cobrar taxas pelo serviço de recepção, armazenagem, regaseificação de GNL e transporte de GN.

Cenário I		Cenário II		Cenário III	
Consumo total de GN [m^3(n)]	Consumo total de GNL [m^3]	Consumo total de GN [m^3(n)]	Consumo total de GNL [m^3]	Consumo total de GN [m^3(n)]	Consumo total de GNL [m^3]
2.752.997.720	4.787.819	3.573.840.005	6.215.375	3.157.308.406	5.490.972

Quadro 6.16 – Consumos de GN e GNL na RAM (2000-2020) – Cenários I, II e III

Atendendo ao Quadro 6.16 e aos custos enumerados, as taxas que determinam o equilíbrio do projecto de GN em virtude da amortização de infra-estrutura são:

- Cenário I: 0,040 €/m^3(n) ou 23,430 €/m^3(GNL) ou 43,050 €/tep;
- Cenário II: 0,031 €/m^3(n) ou 18,049 €/m^3(GNL) ou 33,162 €/tep;
- Cenário III: 0,036 €/m^3(n) ou 20,430 €/m^3(GNL) ou 37,537 €/tep.

Os valores apresentados são valores médios para o período 2000-2020. Admitindo que as taxas de recepção, armazenagem, regaseificação e transporte são actualizadas anualmente a 3% poderemos considerar os valores apresentados no Quadro 6.17.

Cenários	2000 [€/tep]	2005 [€/tep]	2010 [€/tep]	2015 [€/tep]	2020 [€/tep]
I	29,315	33,984	38,249	44,341	51,404
II	24,675	28,606	32,196	37,324	43,269
III	26,328	30,521	34,352	39,823	46,165

Quadro 6.17 – Taxas de Recepção, Armazenagem e Regaseificação de GNL e Transporte de GN – 2000-2020

Cenários	2000 [€/tep]	2005 [€/tep]	2010 [€/tep]	2015 [€/tep]	2020 [€/tep]
Cenário I					
• custo da importação	265,2	314,4	501,5	573,5	655,3
• sobrecusto (Terminal + R. Transp.)	29,3 (11,0%)	34,0 (10,8%)	38,2 (7,6%)	44,3 (7,7%)	51,4 (7,8%)
• custo de aprovisionamento	235,9	280,4	463,3	529,2	601,2
Cenário II					
• custo da importação	267,0	428,8	495,1	576,3	665,7
• sobrecusto (Terminal + R. Transp.)	24,7 (9,2%)	28,6 (6,6%)	32,2 (6,5%)	37,3 (6,5%)	43,3 (6,5%)
• custo de aprovisionamento	242,3	400,2	462,9	539,0	622,4
Cenário III					
• custo da importação	267,9	328,8	512,7	587,2	674,8
• sobrecusto (Terminal + R. Transp.)	26,3 (9,8%)	30,5 (9,3%)	34,3 (6,7%)	39,8 (6,7%)	46,2 (6,8%)
• custo de aprovisionamento	241,6	298,3	478,4	547,4	628,6

Quadro 6.18 – Custos específicos de importação e sobrecustos do GN – 2000-2020

O Quadro 6.18 reúne os custos de importação totais do GN, actualizados 3% ao ano. Estes custos são específicos e representam o valor máximo que se pode atribuir ao GN por forma a que, em termos globais, os custos de importação de combustíveis nos vários cenários do projecto de GN não excedam os custos previstos em cenários homólogos não contemplando a introdução de GN na RAM.

Os sobrecustos representam as taxas de recepção, armazenagem e regaseificação de GNL e transporte de GN por gasoducto. Em termos relativos, estes sobrecustos variam entre 11,0% nos primeiros anos de projecto e 6,5%. Consultando o Quadro 6.13 constata-se que os sobrecustos associados à importação de fuelóleo foram para o ano 2000 de 13,1%. Os sobrecustos associados à importação de GN são inferiores, em termos relativos, aos registados em 2000 para o fuelóleo. Os sobrecustos associados ao GPL, no ano 2000, representam 25,1% do custo total da importação (ver Quadro 6.13) sendo substancialmente superiores aos previstos para o GN.

Por fim, o Quadro 6.18 apresenta ainda o custo específico para o aprovisionamento. Estes valores poder-se-ão identificar com o custo do GN aquisicionado em C.I.F. (ver subcapítulo 2.2.5.1). Em termos da viabilidade do projecto de GN, este é determinado pela viabilidade em obter os preços de aquisição do Quadro 6.18.

Importa nesta fase identificar estimativas para o custo de aprovisionamento do GN. O Quadro 6.19 faz a correlação entre o custo do barril de Brent e o custo de aquisição d GN (C.I.F. Madeira).

Preço do Barril de BRENT ($/barril)	25	30	35	40	45	50
Custo do GNL (CIF Madeira) $/Mbtu	3,64	4,21	4,77	5,34	5,90	6,47

Quadro 6.19 – Correlação entre a estimativa de custo de aquisição do GN (C.I.F. Madeira) e o custo do barril de Brent

A primeira análise do Quadro 6.19 permite concluir que a correlação entre o custo do GN e o petróleo não é directa. Neste caso um aumento do petróleo reflecte-se num aumento do custo do GN mas de uma forma mais atenuada. Na circunstância um cenário de petróleo caro favorece o projecto de GN da RAM, em virtude de proporcionar vantagens globais no que respeita ao custo da energia.

Para efeitos da análise comparativa que se pretende realizar entre o custo de aprovisionamento do GN (C.I.F. Madeira) e os dados do Quadro 6.18, há que reportar ao custo do Brent para o ano 2000. Considerou-se que no ano 2000 o custo do pertóleo era de 25$/barril o que conduz a:

- 3,64 $/Mbtu = 153,9 $/tep = 192,5 €/tep[1]

Admitindo como taxa de actualização 3% temos:

	2000 [€/tep]	2005 [€/tep]	2010 [€/tep]	2015 [€/tep]	2020 [€/tep]
Custo de Aquisição do GN	192,5	223,2	258,7	299,9	347,7

Quadro 6.20 – Custo de aquisição do GN (C.I.F. Madeira) – 2000-2020

A comparação entre os Quadros 6.18 e 6.20 permite concluir que são espectáveis custos de aquisição do GN (C.I.F. Madeira) inferiores ao custo de aquisição de equilíbrio para a viabilidade do projecto. Nestas circunstâncias a margem para os sobrecustos, logo a partir dos primeiros anos, levam a considerar o projecto como globalmente viável. A partir da entrada em funcionanamento das centrais de ciclo combinado torna-se ainda mais notória a diferença entre os valores dos Quadros 6.18 e 6.20, reflectindo a melhoria do rendimento de conversão termoeléctrico do sistema electroprodutor.

Importa ainda referir que os sobrecustos associados à amortização e operação da infraestrutura do projecto de GN são moderadamente baixos, em especial se atendermos à sua especificidade. Na península ibérica as taxas de recepção, armazenagem e regaseificação no Terminais de GNL são da ordem dos 4~5% do custo da importação, não andando longe dos valores que o Quadro 6.18 apresenta para os anos 2010-2020.

6.6.2 Amortização das Plantas Satélite e Redes de Distribuição

A amortização das Plantas Satélite e Redes de Distribuição de GN e frio devem ser vinculadas a 20 anos e, no caso das redes devem ser contemplados períodos superiores. O preço do GN no consumidor final deve permitir cobrir o custo específico da importação, mais os sobrecustos da estrutura de distribuição.

No caso dos utentes da rede de distribuição as tarifas de GN aproximam-se mais dos valores específicos do GPL que dos do fuelóleo. Por esta razão, observando o Quadro 6.13, as margens do GN na rede de distribuição são substancialmente maiores que os sobrecustos de importação. Analogamente, os utentes da rede de frio têm a taxa do serviço indexada aos preços da electricidade.

Por outro lado, os investimentos em Plantas Satélite são relativamente baixos e fáceis de amortizar existindo consumos. A construção de Plantas Satélite e rede de distribuição está fortemente condicionada pelo cenário de introdução de GN na RAM considerado. Estes cenários por sua vez reflectem e condicionam o desenvolvimento socio-económico da região. O horizonte temporal considerado no presente estudo é escasso para quantificar a amortização das infra-estruturas de distribuição.

[1] 1 € = 1,25 $(USD)

7 Conclusões

Como corolário dos capítulos anteriores, e dando especial ênfase aos dois precedentes, poder-se-á considerar que o projecto de GN da RAM, com base nos consumos considerados para os Cenários I, II e III é tecnicamente viável.

Do ponto de vista económico os valores de aquisição do GN apresentados no Quadro 6.18 parecem à primeira vista interessantes. Com efeito, é sempre difícil prever a evolução dos preços do GN num mercado global, ou nos mercados regionais (ver subcapítulo 2.1.5). Estes preços são fortemente condicionados pelas condições de estabilidade internacionais e, no actual momento, essa dependência é ainda mais evidente pela indexação dos preços do GN ao petróleo.

As reservas de GN conhecidas são em quantidade suficiente para que os preços não sejam inflacionados para além das taxas de actualização de referência. Com efeito as reais dimensões das reservas de GN conhecidas são pouco divulgadas, com o intuito de não o depreciar. No curto prazo, provavelmente com a liberalização do sector energético na UE, será expectável o desagregar dos preços do GN dos do petróleo tornando-o ainda mais competitivo.

No caso concreto do projecto de GN da RAM, a opção por sistemas de GNL garante à partida segurança de aprovisionamento. Do ponto de vista logístico, os fornecedores com maior aptidão seriam, numa primeira análise, a Libia e a Nigéria e, eventualmente, Trinidad e Tobago. Contudo, a eventualidade de Angola se perfilar como fornecedor de GNL pode potenciar uma participação estratégica portuguesa com vista ao mercado continental, na qual o projecto de GN da RAM poderia colher benefícios.

7.1 Recapitulação

No presente estudo os consumos de GN que serviram de base a todo o dimensionamento de infra-estrutura e custos associados foram extrapolados a partir do PPERAM. As projecções de procura de energia, tal qual figuram no PPERAM, não contempla um projecto de GN e estão para o período 2000-2010. No capítulo 4 foram extrapolados estes consumos para o período 2000-2020 e a partir de expectativas de conversão foram obtidos os cenários I, II e III. Também no capítulo 4 foram apontadas as infra-estruturas imputáveis ao projecto, como forma de chegar aos consumos descritos.

Cabe fazer uma análise crítica das infra-estruturas no sentido de reforçar as opções tomadas no capítulo 5. O Terminal de GNL da RAM é uma obra a levar a cabo no ‘Ano 0’ de projecto, sendo imprevisível determinar qual a evolução socio-económica da RAM. Nas definições dos cenários do PPERAM estes são condicionados não apenas por factores internos mas também por factores externos. Estes factores teriam como principal reflexo o desenvolvimento do principal sector da RAM, que é o turismo. Sendo os cenários do projecto de GN homólogos aos cenários traçados no PPERAM não é fácil antecipar 20 anos de vida da RAM, ainda que o projecto de GN seja inequivocamente um factor de desenvolvimento. Por este motivo o Terminal de GNL da RAM deve ser dimensionado em virtude da situação mais desfavorável.

No que respeita à Rede de Transporte parece sustentável, que a mesma cubra os 4 concelhos mais populosos da RAM. Estes concelhos representam uma área de aproximadamente 25% da RAM e concentram 3/4 da população e principais infra-estruturas. A extensão da Rede de Transporte seria no máximo 35 quilómetros.

Relativamente às Plantas Satélite a opção do Porto Santo é pouco discutível. A sua implementação materializa verdadeiramente o conceito de distribuição de GNL em pequena escala, com vantagens claras face às outras possíveis opções.

As Plantas Satélite são, geralmente, opções interessantes para regiões remotas não abastecidas por gasoducto. Dificilmente os aproveitamentos energéticos (frio do GNL) viabilizam economicamente esta opção. A razão de ser deste tipo infra-estrutura deve-se ao facto de a iniciativa representar um passo em frente em termos da integração do GNL num processo de ‘district cooling’, permitindo um grande potencial de replicação e orientação dos sistemas de GNL para novas

direcções. Na verdade, a construção de uma Planta Satélite exclusivamente numa lógica de aproveitamento do frio pode ser discutível; considerando o fornecimento de GN e frio a infra-estrutura torna-se muitíssimo interessante.

A Planta Satélite de Santana pode ser considerada como uma contribuição bastante interessante. As suas dimensões e custo tornam-na competitiva face às infra-estruturas de distribuição de GPL a granel, podendo significar um passo em direcção a mercados até agora exclusivos dos GPL.

As redes de distribuição de GN enquadram-se dentro do aspecto social que este tipo de projectos deve contemplar. A disponibilização de GN ao consumidor doméstico é o aspecto mais estruturante do projecto, significando criação de postos de trabalho, menor custo da energia, melhoria das condições de conforto, etc.

Relativamente aos aproveitamentos do frio do GNL interessa quantificar alguns aspectos.

- P.C.I. (GN; P_{atm}; T = 273,15K) = 44.660 kJ/kg;
- ΔH (Regaseificação no Terminal de GNL da RAM) =
  = H (GN, P = 2MPa; T = 273,15K) - H (GNL; P_{atm}; T = 100,00K) = 840kJ/kg
- ΔH (Regaseificação em Planta Satélite) =
  = H (GN, P = 0,5MPa; T = 273,15K) - H (GNL; P=0,5MPa; T = 100,00K) = 845kJ/kg

A conclusão a retirar destes valores é que os aproveitamentos de frio do GNL representam 1,9% do seu Poder Calorífico Inferior. Atendendo a que os processos de regasificação nos Terminais de GNL e Plantas Satélite têm rendimentos, ainda que elevados, este valor atenua-se um pouco mais.

Sem menosprezar o interesse no aproveitamento do frio do GNL, um projecto desta natureza têm de se valer de outros argumentos. O aproveitamento do frio do GNL será sempre um aspecto marginal. No entanto, em termos conceptuais este aproveitamento permite melhorias numa gestão energética global, no sentido em que substitui consumos eléctricos cujos rendimentos associados são substancialmente inferiores aos que se obtêm nestes processos. Cabe, por um lado, desfazer a ideia de que a viabilidade dos sistemas de GNL passa pelos aproveitamentos do frio, no entanto, importa referir que a aquisição de um determinado volume de GNL transporta mais alguma energia do que a que se habitualmente se contabiliza nas trasfegas dos terminais (ver subcapítulo 2.2.5.2). Numa gestão adequada dos recursos energéticos este factor não deve ser ignorado.

Outra das vantagens, porventura a maior, que pode advir de um projecto desta natureza é a nível ambiental. De todos os combustíveis fósseis o GN é o que acarreta menor impacto ambiental. O GN por comparação com o carvão, o fuelóleo e o gasóleo liberta menores emissões de CO_2 , muito menores emissões de SO_2 e NO_x , liberta muito pequenas quantidades de hidrocarbonetos e de carbono (fuligem) e é práticamente isento de poeiras. Considerando aínda a melhoria substancial do rendimento de conversão termoeléctrico, pela entrada em serviço da Central de Ciclo Combinado a GN tornam-se claras as vantagens âmbientais motivadas pelo projecto.

Apenas ao nível das emissões de CO_2 , o GN emite cerca de 0,18 kg(CO_2)/kWh de 'input' contra os 0,25 kg(CO_2)/kWh e 0,28 kg(CO_2)/kWh do gasóleeo e fuelóleo respectivamente. Tendo em conta os rendimentos de conversão termoeléctricos conseguem-se baixar as emissões de CO_2 , no sistema electro-produtor, para cerca de 50% do valor que se registaria na ausência do projecto (ano 2020).

7.2 Evolução e replicação

Um dos aspectos motivadores do presente estudo está relacionado com a evolução espectável dos sistemas energéticos, e a contribuição que os projectos de GN em zonas isoladas podem vir a ter. Esta contribuição pretende-se a dois níveis: por um lado permitindo que as regiões isoladas não estejam à margem desta evolução, por outro desenvolvendo tecnologias que permitam descentralizar em termos geográficos a infra-estrutura energética.

Esta descentralização pretende criar alternativas às grandes redes de transporte de energia, permitindo a produção mais próxima do seu utilizador final. O interesse deste conceito surge na medida em que caminhamos para uma sociedade a hidrogénio, em que os processos criogénicos se irão tornar mais vulgares. Os processos criogénicos envolvem dispêndios consideráveis de energia em liquefacção e regaseificação. Seria interessante conjugar ambos os processos com aproveitamento de frio. Estes aproveitamentos podem ser ao nível do 'district cooling' ou aproveitamentos industriais.

Um dos constrangimentos técnicos dos aproveitamentos industriais está no transporte de frio. Técnica e economicamente o transporte criogénico de frio por conduta só é viável para curtas distâncias. Desta forma as unidades utilizadoras de frio devem estar localizadas nas imediações dos Terminais de GNL.

Um conceito interessante está ilustrado na fig. 7.1 e diz respeito a um sistema integrado de GNL/Hidrogénio/Electricidade. O Terminal de GNL teria como funções fornecer GN a uma Central Termoeléctrica de Ciclo Combinado que colocaria electricidade na rede. Por outro lado seria emitido GN por gasoducto de distribuído GNL por cisterna. Outro dos processos integrados neste sistema seria a produção de hidrogénio a partir do GN ('reforming' do metano) que por sua vez seria liquefeito aproveitando frio do GNL no processo de regaseificação.

A liquefacção dos constituintes do ar, GN, hidrogénio e outros, faz-se em processos com ciclos de Rankine sucessivos, que arrefecem o fluído em patamares. Este processo designa-se por liquefacção em cascata. Atendendo a que o hidrogénio e GN condensam, à pressão atmosférica, a cerca de –251ºC e –160ºC respectivamente, é termodinamicamente viável substituir os primeiros andares de liquefacção do hidrogénio por aproveitamento de frio do GNL na regaseificação. Este processo permitiria deduzir dispêndios consideráveis de energia.

A produção de hidrogénio líquido permite que este seja transportado por cisterna, conservando o frio. O utilizador final pode ter acesso a um combustível limpo e levar a cabo aproveitamento do frio.

Outro aspecto interessante neste conceito é o de a maioria da emissão de CO_2 se processar num espaço geográfico limitado e junto à costa, potenciando o implementar sistemas de segregação de CO_2 ('CO_2 sequestration').

Os sistemas de GNL, como aplicações criogénicas, são considerados como um patamar na evolução para os sistemas a hidrogénio. Do ponto de vista conceptual podem traçar-se diversos paralelos entre os dois tipos de sistemas, entendendo-se as tecnologias do hidrogénio com um 'up-grade' às do GNL.

Para além do potencial de evolução que se pode atribuir aos temas abordados, existe ainda um potencial de replicação enorme concretizável no curto prazo. Para além da RAM existem outras regiões onde projectos desta natureza encontrariam bastante interesse. Na realidade o âmbito deste estudo vai muito além do caso concreto da Madeira, podendo ser replicado a outras regiões insulares com características distintas.

No universo da UE existem regiões insulares como as ilhas gregas, a Sicília, a Sardenha, a Córsega, as ilhas Baleares, as ilhas Canárias, os Arquipélagos da Madeira e Açores. Para além destas estão Chipre e Malta como potenciais novos estados.

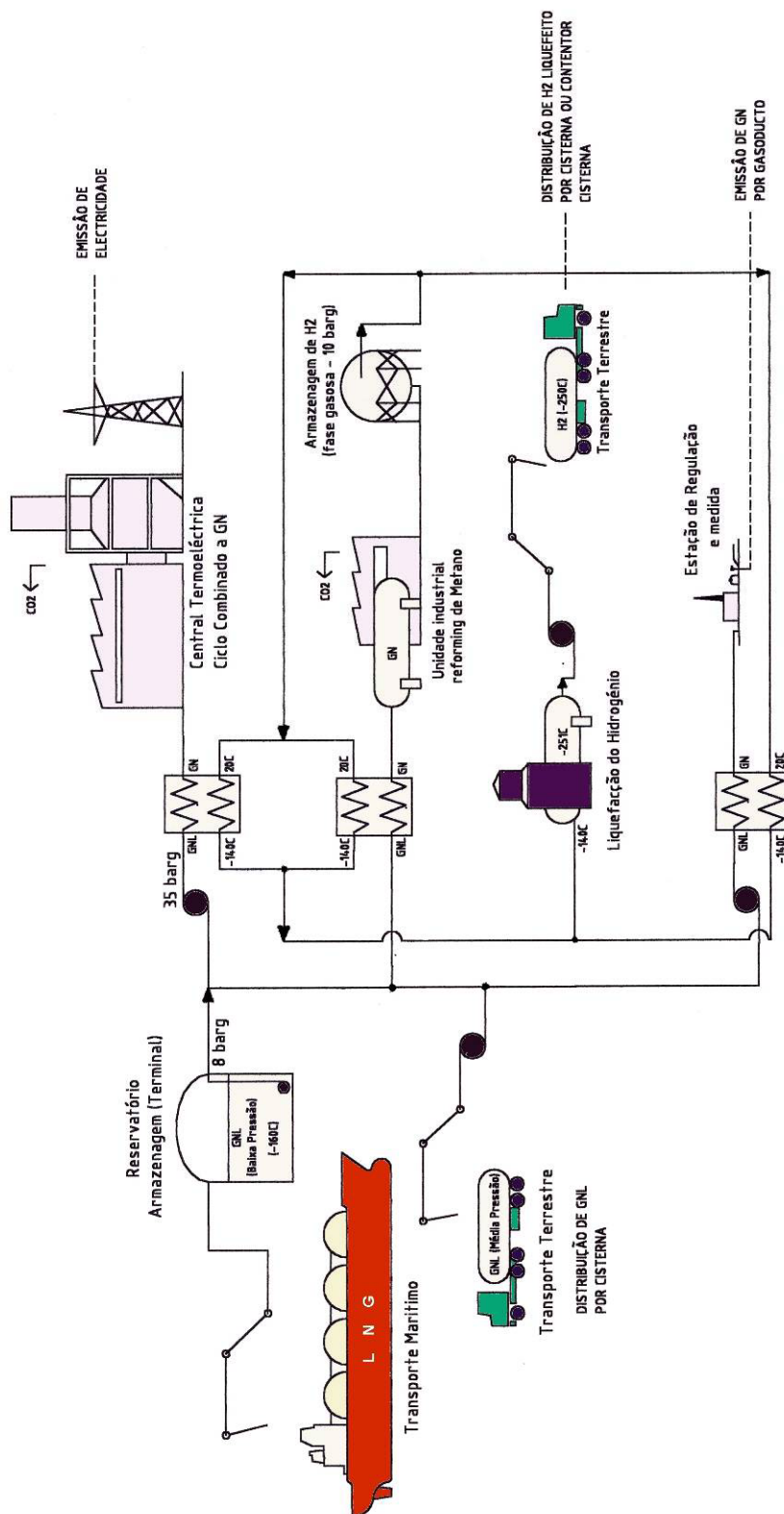



Fig. 7.1 – Sistema integrado GNL / Electricidade / Hidrogénio

Centrando a atenção apenas nas regiões autónomas, existem aspectos considerados no presente estudo que encontram um interesse ainda maior no caso concreto dos Açores. Referimo-nos ao caso de prever um Terminal de GNL na ilha da Madeira e uma Planta Satélite na ilha do Porto Santo. Esta tipo de distribuição encontraria um interesse bastante superior no caso do Arquipélago dos Açores que é constituído por 9 ilhas, de menores dimensões que a da Madeira.

Para a Região Autónoma dos Açores poder-se-ia prever um Terminal de GNL numa das ilhas centrais, porventura São Miguel, e Plantas Satélite disseminadas nas restantes ilhas. A distribuição de GNL poderia ser levada a cabo por navios metaneiros especificamente construídos para o efeito, à semelhança dos desenvolvidos pelo projecto norueguês de GNL com capacidades de 1.100 m^3. A Região Autónoma dos Açores poderia materializar uma verdadeira rede de distribuição de GNL em pequena escala.

A existência de projectos similares nas várias ilhas do Mediterrâneo e Atlântico poderia impulsionar um pequeno mercado, dentro do mercado regional de GN da UE.

O desenvolvimento deste tipo de projectos partilhando sinergias com outras entidades que enfrentam constrangimentos análogos, decorrentes de isolamento regional ou derivado de condicionalismos técnicos relativos à construção de gasoductos, permite desenvolver as tecnologias do GNL não apenas em direcção à grande infra-estrutura mas também em direcção aos pequenos projectos.

Abreviaturas

UE – União Europeia;

GN – Gás Natural;

GNL – Gás Natural Liquefeito;

GPL – Gases de Petróleo Liquefeito;

PPERAM – Plano de Política Energética da Região Autónoma da Madeira;

RAM – Região Autónoma da Madeira.

Factores de Conversão

	kWh	MJ	MBtu	Termia	Tep	m^3(n)GN	m^3 GNL	KWh (electr.)
kWh	1	3,6	$3{,}412 \times 10^{-2}$	0,86	$0{,}08 \times 10^{-3}$	0,09	$1{,}56 \times 10^{-4}$	0,39
MJ=10^6J	0,278	1	$0{,}948 \times 10^{-3}$	0,24	$22{,}4 \times 10^{-6}$	0,025	$4{,}35 \times 10^{-5}$	0,11
10^6Btu=MBtu	293	1055	1	252	0,024	26,5	0,0461	114
Termia	1,16	4,18	$3{,}96 \times 10^{-3}$	1	93×10^{-6}	0,105	$1{,}83 \times 10^{-4}$	0,45
Tep	12400	$44{,}6 \times 10^{3}$	42,3	$10{,}7 \times 10^{3}$	1	1120	1,95	4800
m^3(n)GN	11	40	38×10^{-3}	9,5	$0{,}9 \times 10^{-3}$	1	$1{,}74 \times 10^{-3}$	4,3
m^3 GNL	6325	23000	21,85	5462,5	0,517	575	1	2472,5
KWh (electr.)	2,58	9,3	88×10^{-3}	2,22	$0{,}2 \times 10^{-3}$	0,23	38×10^{-3}	1

Conversão de unidades de energia

Forma de Energia	Conversão
GN	
GPL	1kg=0,00114 tep
Gasóleo	1l = 0,000883025 tep
Fuelóleo	1l = 0,00087209 tep
Electricidade	1kWh = 0,000086 tep
Gasolinas	1l = 0,00081548 tep
Jet A1	1l = 0,000884 tep
Lenha	1t = 0,29 tep

Factores de conversão

Abbott, M.M.e Van Ness, H.C., “Termodinâmica”, McGraw-Hill, International Editions, 1989.

ADR: *European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road.*

Afgan, Naim H., “Sustainability Assessment of Natural Gas Systems”, EURO Course on Sustainability of Natural Gas Technologies, November 2001, Lisbon, Portugal.

Afgan, Naim H., “Sustainability Concept”, EURO Course on Sustainability of Natural Gas Technologies, November 2001, Lisbon, Portugal.

“Aide-Memoire de l'Industrie du Gaz”, ATG - Association Technique de l'industrie du Gaz en France, 4ª Ed., Paris, 1990.

Almeida, Filomena Pinto; Barata, João e Barros, Pedro, “Ensaios não Destrutivos”, Publicação do ISQ - Instituto de Soldadura e Qualidade, Lisboa, 1992.

API 620: *Recommended rules for design and construction of large, welded, low-pressure storage tanks.*

AREAM – Agência Regional da Energia e Ambiente da Região Autónoma da Madeira: Plano da Política Energética da Região Autónoma da Madeira, Ano de Referência: 2000.

Brdar, R. Daniel e Jones, Robert M., “GE IGCC Technology and Experience with Advanced Gas Turbines”, GE Power Systems, GER-4207, Schenectady, NY, 2000.

BS EN 1473: *Installation and equipment for liquefied natural gas – Design of onshore installations* (1997).

Carvalho, M. Graça, “Gas Combustion Technologies”, EURO Course on Sustainability of Natural Gas Technologies, November 2001, Lisbon, Portugal.

Chase, David L., ”Combined Cycle Development Evolution and Future”, GE Power Systems, GER-4206, Schenectady, NY, 2001.

Decreto Lei 211/1999 de 14 de Junho: *Regras e que devem obedecer o projecto, o fabrico e a avaliação de conformidade, a comercialização e a colocação em serviço dos equipamentos sob pressão.*

Decreto Lei 97/2000 de 25 de Maio: *Regulamento de instalação, funcionamento, reparação e alteração de equipamentos sob pressão.*

Decreto Lei 41/2001 de 28 de Fevereiro: *Transpõe para o direito interno as directivas 1999/36/CE e 2001/2/CE relativas aos Equipamentos sob Pressão Transportáveis.*

Decreto Lei 267-A/2003 de 27 de Outubro: *Aprova o Regulamento Nacional de Mercadorias Perigosas por Estrada (RPE).*

Directiva 94/55/CE de 21 de Novembro: *Determina a aplicação no espeço comunitário do ADR.*

Directiva 96/49/CE de 23 de Julho: *Determina a aplicação no espeço comunitário do RID.*

Directiva 97/23/CE de 29 de Maio: *Directiva dos Equipamentos sob Pressão.*

Directiva 98/30/CE de 22 de Junho: *Determina as Regras Comuns para a Armazenagem, Transporte, Distribuição e Fornecimento de Gás Natural no mercado comunitário.*

Directiva 99/36/CE de 29 de Abril: *Directiva dos Equipamentos sob Pressão Transportáveis.*

Despacho nº 22332/2001 (2ª Série) de 30 de Outubro: *Instrução Técnica Complementar para Geradores de Vapor e equiparados*

Despacho nº 7129/2002 (2ª Série) de 8 de Abril: *Instrução Técnica Complementar para Equipamentos sob Pressão e Conjuntos destinados à produção ou armazenagem de líquidos criogénicos.*

IMDG: *International Maritime Dangerous Goods Code*.

Duic, Neven, "Enviromental Aspect of Natural Gas Strategy", EURO Course on Sustainability of Natural Gas Technologies, November 2001, Lisbon, Portugal.

EEM, "Relatório e Contas", 2000.

EN 1160: *Installation and equipment for liquefied natural gas – General characteristics of liquefied natural gas.*

Farias, Tiago e Antunes, Joana, " Natural Gas for transport Systems", EURO Course on Sustainability of Natural Gas Technologies, November 2001, Lisbon, Portugal.

Fisk, Robert W. e VanHousen, Robert L.: "Cogeneration Application Considerations", GE Power Systems, GER-3430F, Schenectady, NY, 1996.

Frangopoulos, Christos, "Thermo-economic Analysis of Natural Gas Systems", EURO Course on Sustainability of Natural Gas Technologies, November 2001, Lisbon, Portugal.

ITC-MIE-AP10: *Instrucción Técnica Complementaria Referente a Depósitos Criogénicos.*

ITC-MIE-AP15: *Instrucción Técnica Complementaria Referente a instalaiones de Almacenamiento de Gas Natural Licuado en Depósitos Criogénicos a Pression (Plantas Satélites).*

Jones, Chuck e Jacobs III, Jonh A., "Economic and Technical Considerations for Combined-Cycle Performance Enhancement Options", GE Power Systems, GER-4200, Schenectady, NY, 2000.

"La Cogeneratión Industrial en Europa", Catalana de Gas, S.A.

National Fire Protection Association: NFPA-59A (1979).

Nunes, Pedro Sampaio, "Enviromental and Geopolitical Aspect of Natural Gas Strategy in Europe, EURO Course on Sustainability of Natural Gas Technologies, November 2001, Lisbon, Portugal.

Ozisik, M. Necati, "Heat Transfer: *A Basic Approach*" , McGraw-Hill, International Editions, 1985.

Pauling, Linus, "Química Geral" Ao Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro, 1966.

Pilavachi, Petros, "Mini and Micro Gas Turbine for Combined Heat and Power Generation", EURO Course on Sustainability of Natural Gas Technologies, November 2001, Lisbon, Portugal.

Portaria 376/1994 de 14 de Junho: *Regulamento técnico de instalações e exploração e ensaio de postos de redução de pressão a instalar nos gosodutos de transporte e nas redes de distribuição de gases combustíveis.*

Portaria 386/1994 de 16 de Junho: *Regulamento técnico relativo ao projecto, construção, exploração e manutenção de redes de distribuição de gases combustíveis.*

Portaria 390/1994 de 17 de Junho: *Regulamento técnico relativo ao projecto, construção, exploração e manutenção de gasodutos de trnsporte.*

Portaria 568/2000 de 7 de Agosto: *Regulamento de Segurança das Instalações de Armazenagem de Gás Natural Liquefeito em Reservatórios Criogénicos sob Pressão, designadas por Unidades Autónoma de GNL.*

PrEN 12065: *Installation and equipment for liquefied natural gas – suitability testing of foam concentrates designed for generation of medium and high expansion foam and extinguishing powders used on liquefied natural gas fires.*

PrEN 12066: *Installation and equipment for liquefied natural gas – Testing of insulation linings for liquefied natural gas retention bunds.*

PrEN 13645: *Installation and equipment for liquefied natural gas – Design of onshore installations with a storage capacity between 5 and 200 tonnes.*

PrEN 14620: *Design and manufacture of site built vertical, cylindrical, flat-bottomed steel tanks for storage of refrigerated, liquefied gases with operating temperatures between –5ºC and –165ºC.*

Pruschek, Rudolf, “Natural Gas Combined Cycles Power Plants”, EURO Course on Sustainability of Natural Gas Technologies, November 2001, Lisbon, Portugal.

Simader, Gunter, “Fuel Cells Technologies for Natural Gas”, EURO Course on Sustainability of Natural Gas Technologies, November 2001, Lisbon, Portugal.

Smith, R.W.; Polukort, P; Maslak, C.E.; Jones, C.M. e Gardiner, B.D., “Advanced Technology Combined Cycles”, GE Power Systems, GER-3936A, Schenectady, NY, 2001.

Turns, Stephen R., *An Introduction to Combustion: Concepts and Applications*, McGraw-Hill, 2ª Ed., International Editions, 2000.

Varian, Hal R., “Intermediate Microeconomics: *A Modern Approach*”, W.W.Norton & Company, 5ª Ed., New York, 1999.

Wegrzyn, James e Gurevich, Michael, “Liquefied Natural Gas for Trucks and Buses”, 2000-01-2210, SAE Technical Paper Series, Washington D.C., 2000.

Wegrzyn, James e Wai-Lin, Litzke, “Natural Gas as a future fuel for Heavy-Duty Vehicles”, 2001-01-2267, SAE Technical Paper Series, Washington D.C., 2001.

White, Frank M., “Fluid Mechanics”, McGraw-Hill, 2ª Ed., International Editions, 1986.

APRAM – http://www.apram.pt

Diário da República - http://www.dr.inem.pt

Direcção Geral de Energia - http://www.dge.pt

Direcção Geral dos Transportes Terrestres - http://www.dgtt.pt

INE – http://www.ine.pt

Instituto Hidrográfico - http://www.hidrografico.pt

Legislação Comunitária - http://www.europa.eu.int/eur-lex/pt/

Anexo A1

Navios Metaneiros com Reservatórios de Membrana

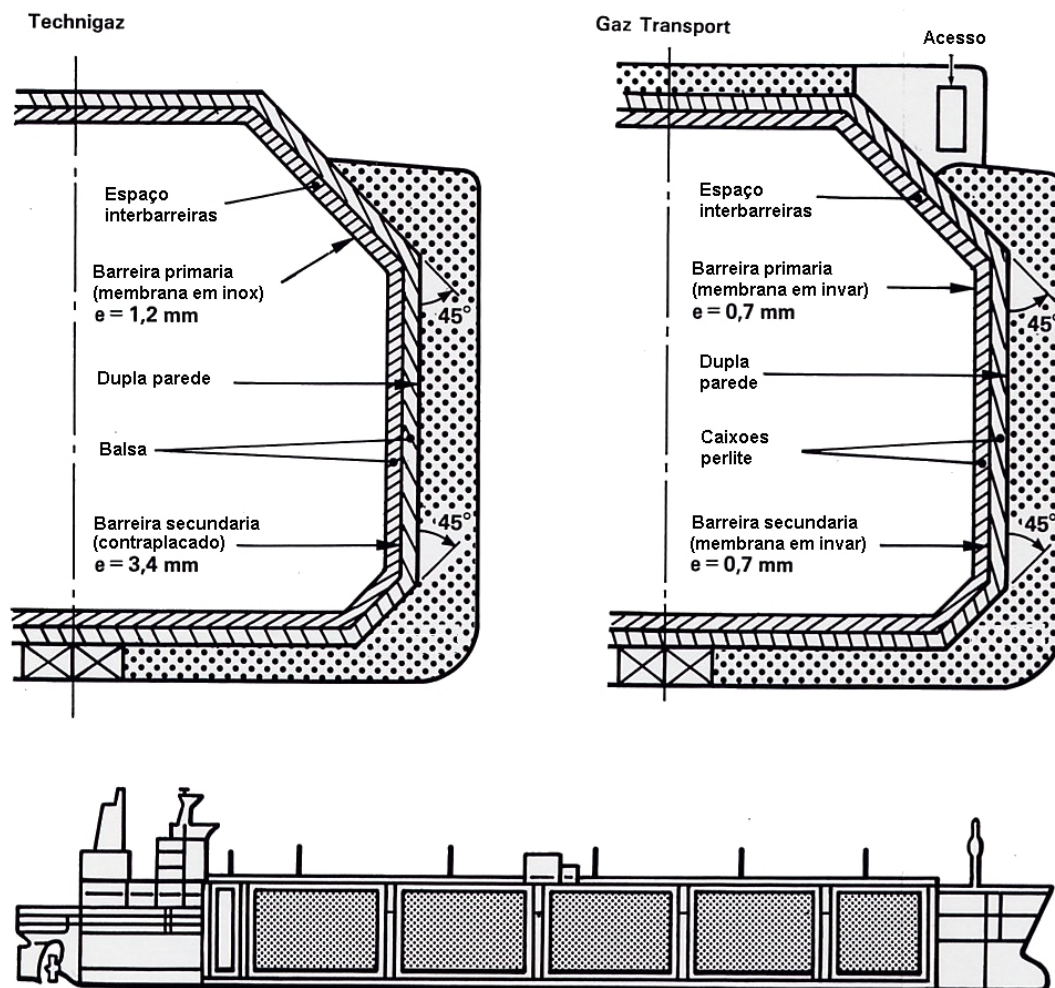



Fig. A1 – Navios metaneiros de membrana (Technigaz e Gaz Transport)

Construtor	Barreira Primária	Barreira Secundária	Isolamento térmico
Technigaz Mark I	Membrana nervurada (longitudinal e transversal) em aço austenitico com espessura e=1,2mm.	Contraplacado com espessura e=3,4mm	Balsa
Gaz Transport Clássico	Membrana em Invar com espessura e=0,7mm	Membrana em Invar com espessura e=0,7mm	Dois caixões em contraplacado com perlite no interior
Gaz Transport Nova Geração	Membrana em Invar com espessura e=0,7mm	Membrana em Invar com espessura e=0,7mm	Três caixões em contraplacado com perlite no interior
GTT – Mark III	Membrana nervurada (longitudinal e transversal) em aço austenitico com espessura e=1,2mm.	Compósito de alumínio entre duas películas de lã de vidro	Poliuretano e fibra de vidro

Tabela A.1 – Tipo de construção dos reservatórios de membrana para transporte de GNL em Metaneiros.

Anexo A2

Navios Metaneiros com Reservatórios Autoportantes

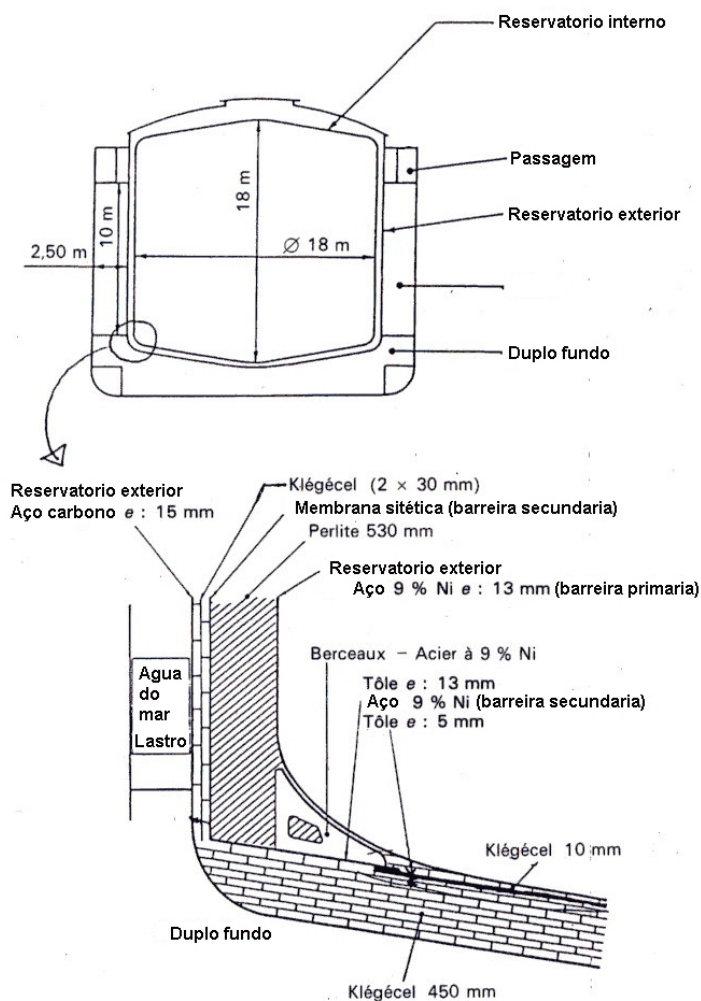



Fig. A2 - Navios metaneiros com reservatórios autoportantes com barreira secundária completa – Tipo *Worms-G.D.F.* (Jules Verne)

Construtor	Barreira Primária	Barreira Secundária (completa)	Isolamento térmico	Observações
Worms – A.C.S.M. Gaz de France	Aço 9% Ni 9mm < e < 15mm	Aço 9% Ni e=4mm (fundo) C302 (lateral)	PVC e perlite	- Aplicado ao metaneiro *Jules Verne* - Reservatório cilindrico
Conch 1	Liga de alumínio 5083	Contraplacado	Balsa e fibra de vidro	- Aplicado no metaneiro *Princess* e *Progress* - Reservatórios prismáticos
Conch 2	Liga de alumínio 5083	Contraplacado	Poliuretano e fibra de vidro	- Aplicado a três navios *El Paso* - Reservatórios prismáticos
ESSO	Liga de alumínio 5083	Liga de alumínio 5083	PVC e balsa	- Aplicado a quatro navios - Reservatórios prismáticos

Tabela A.2 - Tipo de construção dos reservatórios autoportantes (com barreira secundária completa) para transporte de GNL em Metaneiros.

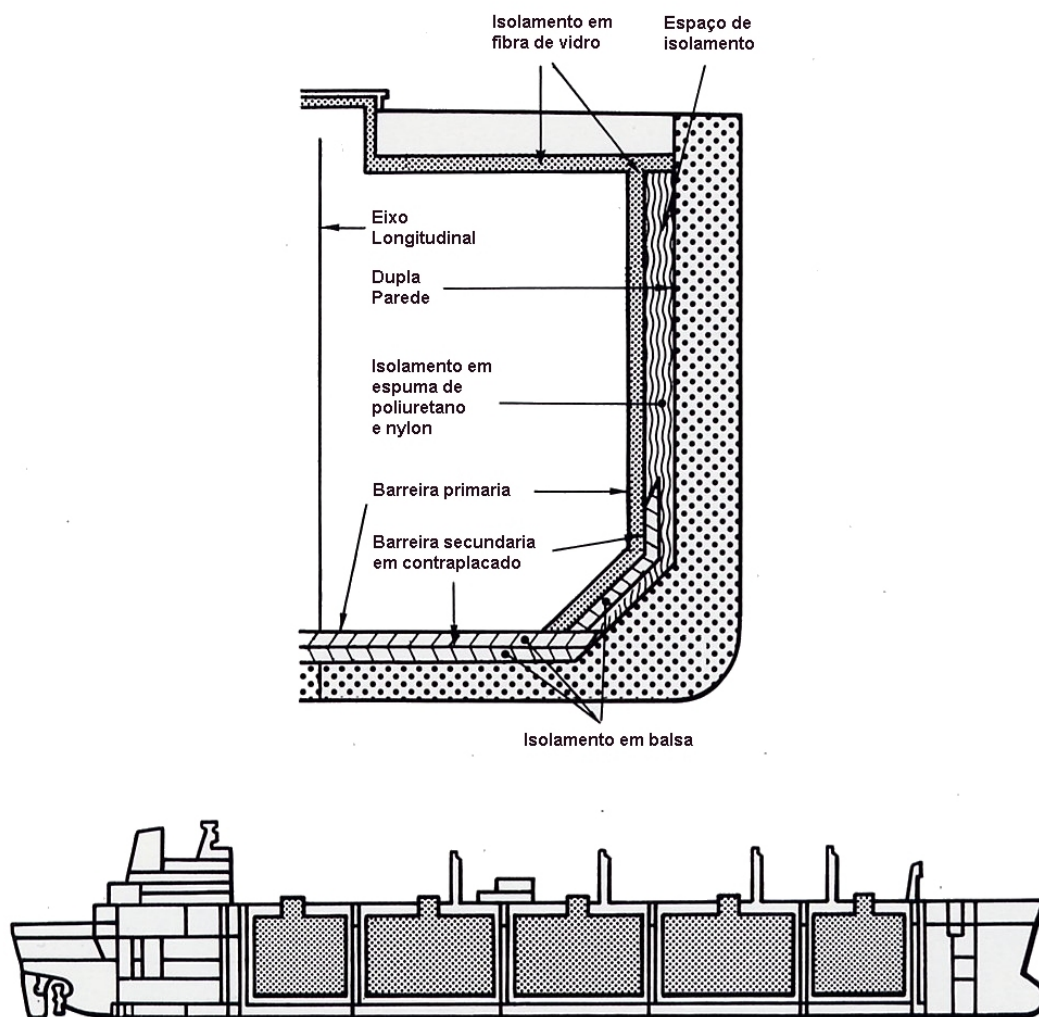



Fig. A3 - Navios metaneiros com reservatórios autoportantes com barreira secundária completa – Tipo *Conch 2*

Construtor	Barreira Primária	Barreira Secundária	Isolamento térmico
Moss e variantes desenvolvidas sob licença da Moss	Liga de alumínio ou aço 9% Ni	Bacia de retenção sob a esfera (barreira primária) em liga de aluminio; Folha de alumínio nos para-jets recobrindo exteriormente o isolamento.	Diversas variantes: PVC; Poliuretano e fibra de vidro; Poliestireno e fibra de vidro.

Tabela A.3 – Tipo de construção dos reservatórios autoportantes (com barreira secundária incompleta) do tipo Moss para transporte de GNL em Metaneiros.

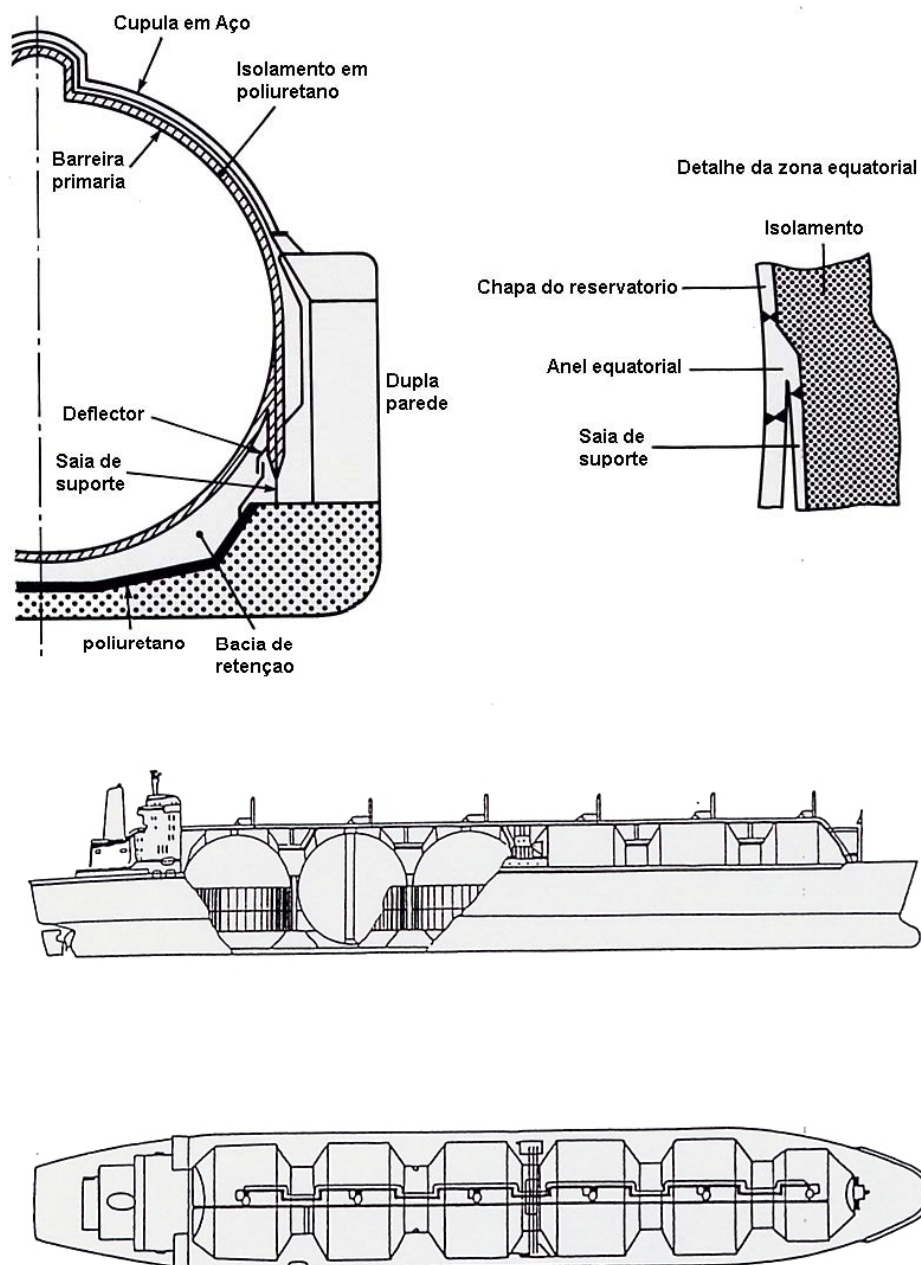



Fig. A4 - Navios metaneiros com reservatórios autoportantes com barreira secundária incompleta – Tipo *Moss-Rosenberg.*

Anexo A3

Frota Mundial de Metaneiros (LNG Carriers)

(ordenados por pais de origem, construtor e ano e construção)

País de origem	Construtor	Hull	Ano de Const.	Preço $mm	Operador	Nome do Navio	Capacidade cu.m.	Sistema aplic. reservatórios	Veloc. nós
Belgium	Boelwerf	1487	1978		C. M. Belge	Methania	131,000	Gaz-Transport	20.00
Finland	Kvaerner-Masa	1330	1995	250	ADNATCO	Mubaraz	137,000	Moss	19.50
Finland	Kvaerner-Masa	1331	1996	250	ADNATCO	Mraweh	137,000	Moss	19.50
Finland	Kvaerner-Masa	1332	1996	250	ADNATCO	Al Hamra	137,000	Moss	19.50
Finland	Kvaerner-Masa	1333	1997	250	ADNATCO	Umm Al Ashtan	137,000	Moss	19.50
France	Atlantique	A25	1971		Gazocean	Descartes	50,000	Technigaz	17.00
France	Atlantique	G25	1972		Shell	Bebatic	75,000	Technigaz	18.00
France	Atlantique	H25	1973		Shell	Bekalang	75,000	Technigaz	18.00
France	Atlantique	I25	1973		Shell	Bekulan	75,000	Technigaz	18.00
France	Atlantique	J25	1974		Shell	Belais	75,000	Technigaz	18.00
France	Atlantique	A26	1977	52	Shell	LNG Lagos	122,250	Gaz-Transport	19.30
France	Atlantique	B26	1977	52	Shell	LNG Port Harcourt	122,250	Gaz-Transport	19.30
France	Atlantique	G26	1980	112	SNTM-Hyproc	Mourad Didouche	126,000	Gaz-Transport	20.00
France	Atlantique	L26	1982	112	SNTM-Hyproc	Ramdane Abur	126,000	Gaz-Transport	20.00
France	Atlantique	E30	1994	260	Petronas	Puteri Intan	130,000	Gaz-Transport	21.00
France	Atlantique	F30	1994	260	Petronas	Puteri Nilam	130,000	Gaz-Transport	21.00
France	Atlantique	G30	1995	260	Petronas	Puteri Delima	130,000	Gaz-Transport	21.00
France	Atlantique	H30	1996	260	Petronas	Puteri Zamrud	130,000	Gaz-Transport	21.00
France	Atlantique	I30	1997	260	Petronas	Puteri Firuz	130,000	Gaz-Transport	21.00
France	Dunkerque	290	1977	50	Dreyfus	Edouard L.D.	129,500	Gaz-Transport	20.00
France	Dunkerque	301	1981	120	M.I.S.C.	Tenaga Satu	130,000	Gaz-Transport	20.00
France	Dunkerque	302	1981	120	M.I.S.C.	Tenaga Dua	130,000	Gaz-Transport	20.00
France	Dunkerque	303	1981	120	M.I.S.C.	Tenaga Tiga	130,000	Gaz-Transport	20.00
France	Dunkerque	1428	1981	120	M.I.S.C.	Tenaga Empat	130,000	Gaz-Transport	20.00
France	Dunkerque	1429	1982	120	M.I.S.C.	Tenaga Lima	130,000	Gaz-Transport	20.00
France	La Ciotat	258	1974		CGM	Tellier	40,000	Technigaz	17.50
France	La Ciotat	290	1975		Shell	Belanak	75,000	Technigaz	18.00
France	La Ciotat	302	1976		SNTM-Hyproc	Mostefa Ben Boulaid	125,000	Technigaz	19.00
France	La Seyne	1388	1971		SNTM-Hyproc	Hassi R'Mel	40,000	Gaz-Transport	17.50
France	La Seyne	1399	1975		Shell	Bilis	75,000	Gaz-Transport	18.00

País de origem	Construtor	Hull	Ano de Const.	Preço $mm	Operador	Nome do Navio	Capacidade cu.m.	Sistema aplic. reservatórios	Veloc. nós
France	La Seyne	1400	1975		Shell	Buluk	75,000	Gaz-Transport	18.00
France	La Seyne	1401	1975		Chem Seetrans	Isabella	35,500	Gaz-Transport	20.00
France	La Seyne	1414	1977	112	SNTM-Hyproc	Larbi Ben M'Hidi	129,500	Gaz-Transport	19.00
France	La Seyne	1415	1979	112	SNTM-Hyproc	Bachir Chihani	129,500	Gaz-Transport	18.50
France	La Seyne	1402	1984		Chem Seetrans	Annabella	35,500	Gaz-Transport	20.00
France	La Traite	171	1965		Chem Seetrans	Cinderella	25,500	Gaz de France	17.00
Germany	HDW	83	1977		Gotaas-Larsen	Golar Freeze	125,800	Moss	21.00
Germany	HDW	84	1977		Leif Hoegh	Hoegh Gandria	125,800	Moss	21.00
Italy	Fincantieri	1645	1969	38	SNAM	SNAM Palmaria	40,000	Esso	18.00
Italy	Fincantieri	1647	1970	38	SNAM	SNAM Elba	40,000	Esso	18.00
Italy	Fincantieri	5910	1996	200	SNAM	SNAM Portovenere	65,700	Gaz-Transport	16.50
Italy	Fincantieri	5911	1998	200	SNAM	SNAM NB	65,700	Gaz-Transport	16.50
Japan	IHI	3015	1993	184	Marathon	Polar Eagle	87,700	IHI SPB	18.50
Japan	IHI	3016	1993	184	Marathon	Arctic Sun	87,700	IHI SPB	18.50
Japan	Kawasaki	1220	1981	134	Gotaas-Larsen	Golar Spirit	128,800	Moss	21.00
Japan	Kawasaki	1334	1983	125	Badak LNG	Bishu Maru	125,300	Moss	19.30
Japan	Kawasaki	1340	1984	120	Arun LNG	Kotawaka Maru	125,300	Moss	19.30
Japan	Kawasaki	1410	1991	180	NWSSSCO	NW Shearwater	125,000	Moss	18.50
Japan	Kawasaki	1427	1993		NYK Line	LNG Flora	125,000	Moss	19.30
Japan	Kawasaki	1438	1994	271	ADNATCO	Shahamah	137,000	Moss	19.50
Japan	Kawasaki	1440	1995		Homolco	Suryaki	19,100	Moss	15.00
Japan	Kawasaki	1445	1997	250	K Line	Al Rayyan	137,000	Moss	19.50
Japan	Kawasaki	1446	1998		Mitsui OSK Line	JapaneseNB	137,000	Moss	19.50
Japan	Kawasaki	1470	1999	250	Mitsui OSK Line	Qatar Gas NB	137,000	Moss	19.50
Japan	Mitsubishi	1870	1983	132	Badak LNG	Banshu Maru	125,300	Moss	19.30
Japan	Mitsubishi	1889	1983	125	Badak LNG	Echigo Maru	125,300	Moss	19.30
Japan	Mitsubishi	1890	1984	120	Arun LNG	Dewa Maru	125,300	Moss	19.30
Japan	Mitsubishi	1996	1989	180	NWSSSCO	NW Sanderling	125,000	Moss	18.50
Japan	Mitsubishi	2000	1989	180	NWSSSCO	NW Swift	125,000	Moss	18.50
Japan	Mitsubishi	2011	1990	178	Homolco	Ekaputra	136,400	Moss	18.50
Japan	Mitsubishi	2041	1993	216	NWSSSCO	NW Seaeagle	125,000	Moss	18.50
Japan	Mitsubishi	2061	1994		Mitsui OSK Line	LNG Vesta	125,000	Moss	18.50
Japan	Mitsubishi	2062	1994		Homolco	Dwiputra	125,000	Moss	18.50
Japan	Mitsubishi	2074	1994	240	NWSSSCO	NW Stormpetrel	125,000	Moss	18.50
Japan	Mitsubishi	2067	1995	271	ADNATCO	Ish	137,000	Moss	19.50

País de origem	Construtor	Hull	Ano de Const.	Preço $mm	Operador	Nome do Navio	Capacidade cu.m.	Sistema aplic. reservatórios	Veloc. nós
Japan	Mitsubishi	2090	1997	250	Mitsui OSK Line	Al Khor	137,000	Moss	19.50
Japan	Mitsubishi	2091	1999	250	NYK Line	Al Wajbah	137,000	Moss	19.50
Japan	Mitsubishi	2148	1999		Chinese Petrol'm	Chinese NB	137,000	Moss	19.50
Japan	Mitsubishi	2117	2000	250	NYK Line	Qatar Gas NB	137,000	Moss	19.50
Japan	Mitsubishi		2000		NYK Line	Oman LNG NB	137,000	Moss	19.50
Japan	Mitsui	1230	1984	125	Arun LNG	Senshu Maru	125,300	Moss	19.30
Japan	Mitsui	1250	1985	120	Arun LNG	Wakaba Maru	125,300	Moss	19.30
Japan	Mitsui	1351	1989	180	NWSSSCO	NW Swallow	125,000	Moss	18.50
Japan	Mitsui	1352	1990	216	NWSSSCO	NW Snipe	125,000	Moss	18.50
Japan	Mitsui	1370	1993	216	NWSSSCO	NW Sandpiper	125,000	Moss	18.50
Japan	Mitsui	1390	1994	271	ADNATCO	Al Khaznah	137,000	Moss	19.50
Japan	Mitsui	1392	1995	271	ADNATCO	Ghasha	137,000	Moss	19.50
Japan	Mitsui	1411	1996	250	Mitsui OSK Line	Al Zhubarah	137,000	Moss	19.50
Japan	Mitsui	1412	1998	250	NYK Line	Qatar Gas NB	137,000	Moss	19.50
Japan	Mitsui	1432	1998		K Line	Japanese NB	137,000	Moss	19.50
Japan	NKK	136	1993	80	Asian LNG	Aman Bintulu	18,900	Technigaz	15.00
Japan	NKK	150	1997		Asian LNG	Surya Aki	18,900	Technigaz	15.00
Japan	NKK	153	1998		Asian LNG	Asian LNG NB	18,900	Technigaz	15.00
Japan	NKK		2000		Mitsui OSK Line		22,000	Technigaz	15.00
Korea	Daewoo	2202	1999	219	SK Shipping	Korea Gas NB	135,000	Gaz-Transport	19.00
Korea	Daewoo	2203	1999	219	Korea Line	Korea Gas NB	135,000	Gaz-Transport	19.00
Korea	Daewoo		1999		Korea Line	Korea Gas NB	135,000	Gaz-Transport	19.00
Korea	Hanjin	16	1995	235	Hanjin Line	Hanjin Pyeong Taek	135,000	Gaz-Transport	19.00
Korea	Hanjin	54	1999	219	Hanjin Line	Korea Gas NB	135,000	Gaz-Transport	19.00
Korea	Hanjin	61	1999		Hanjin Line	Korea Gas NB	135,000	Gaz-Transport	19.00
Korea	Hanjin	62	2000		Hanjin Line	Korea Gas NB	135,000	Gaz-Transport	19.00
Korea	Hyundai	760	1994	250	Hyundai MM	Hyundai Utopia	125,000	Moss	18.50
Korea	Hyundai	761	1995	290	Yukong Line	Y. K. Sovereign	125,000	Moss	18.50
Korea	Hyundai	853	1996	290	Hyundai MM	Hyundai Greenpia	125,000	Moss	18.50
Korea	Hyundai	1073	1999	219	Hyundai MM	Korea Gas NB	135,000	Moss	18.50
Korea	Hyundai	1074	1999	219	Hyundai MM	Korea Gas NB	135,000	Moss	18.50
Korea	Hyundai	1156	2000		Hyundai MM	Korea Gas NB	135,000	Moss	18.50
Korea	Hyundai	1157	2000		Hyundai MM	Korea Gas NB	135,000	Moss	18.50
Korea	Samsung	1207	1999	219	Yukong Line	Korea Gas NB	135,000	Technigaz	18.50

País de origem	Construtor	Hull	Ano de Const.	Preço $mm	Operador	Nome do Navio	Capacidade cu.m.	Sistema aplic. reservatórios	Veloc. nós
Korea	Samsung	1258	2000		SK Shipping	Korea Gas NB	135,000	Technigaz	18.50
Korea	Samsung	1259	2000		SK Shipping	Korea Gas NB	135,000	Technigaz	18.50
Norway	Moss	176	1973		Smedvig	Havfru	29,000	Moss	18.50
Norway	Moss	196	1973		Leif Hoegh	Norman Lady	87,600	Moss	19.50
Norway	Moss	197	1974	30	P. & O.	Asake Maru	87,600	Moss	19.00
Norway	Moss	198	1975		Gotaas-Larsen	Hilli	125,000	Moss	19.50
Norway	Moss	177	1975		Reksten	Century	29,000	Moss	19.70
Norway	Moss	199	1976		Gotaas-Larsen	Gimi	125,000	Moss	19.50
Norway	Moss	200	1977		Gotaas-Larsen	Khannur	125,000	Moss	19.50
Spain	Astano	211	1970		Naproli	Laieta	40,000	Esso	18.00
Sweden	Kockums	516	1969		Gotaas-Larsen	Methane Polar	71,500	Gaz-Transport	18.25
Sweden	Kockums	517	1969		Gotaas-Larsen	Methane Arctic	71,500	Gaz-Transport	18.25
Sweden	Kockums	559	1982	118	Shell	LNG Bonny	133,000	Gaz-Transport	20.60
Sweden	Kockums	564	1982	118	Shell	LNG Fimina	133,000	Gaz-Transport	20.60
U.S.A.	GD Quincy	41	1977	82	Energy Transport	LNG Aquarius	126,300	Moss	20.40
U.S.A.	GD Quincy	42	1977	111	Energy Transport	LNG Aries	126,300	Moss	20.40
U.S.A.	GD Quincy	44	1978	109	Energy Transport	LNG Gemini	126,300	Moss	20.40
U.S.A.	GD Quincy	46	1978	109	Energy Transport	LNG Capricorn	126,300	Moss	20.40
U.S.A.	GD Quincy	47	1978	108	Energy Transport	LNG Leo	126,300	Moss	20.40
U.S.A.	GD Quincy	48	1979	107	Energy Transport	LNG Taurus	126,300	Moss	20.40
U.S.A.	GD Quincy	49	1979	111	Energy Transport	LNG Virgo	126,300	Moss	20.40
U.S.A.	GD Quincy	50	1979	108	Energy Transport	LNG Libra	126,300	Moss	20.40
U.S.A.	GD Quincy	53	1980	133	Ahrenkiel	Lake Charles	126,500	Moss	20.40
U.S.A.	GD Quincy	54	1980	131	Ahrenkiel	Louisiana	126,500	Moss	20.40
U.S.A.	Newport News	608	1978	99	Argent	Southern	126,000	Technigaz	20.00
U.S.A.	Newport News	609	1978	89	Argent	Arzew	126,000	Technigaz	20.00
U.S.A.	Newport News	610	1979	88	Cabot	Gamma	126,000	Technigaz	20.00

Anexo B1

Recuperação das Evaporações (‘Boil-off’) - I

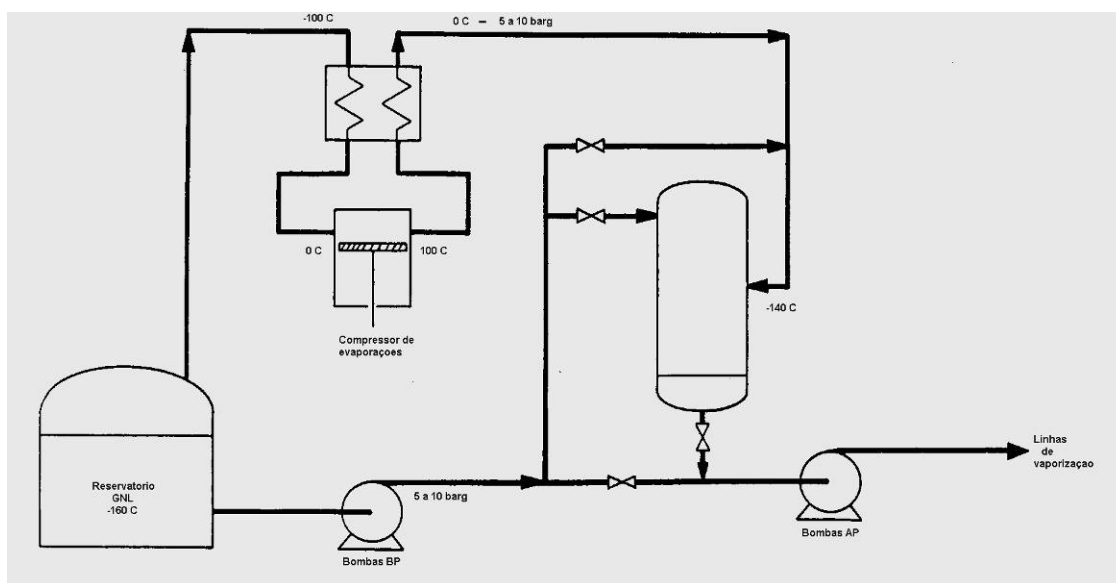



Fig. B.1 – Recuperação das evaporações por dissolução no GNL emitido

(1) GN ($P = 1{,}113 \times 10^5$ Pa ; $T = 173{,}15$K);
(2) GN ($P = 1{,}113 \times 10^5$ Pa ; $T = 273{,}15$K);
(3) GN ($P = 7{,}013 \times 10^5$ Pa ; $T = 373{,}15$K);
(4) GN ($P = 7{,}013 \times 10^5$ Pa ; $T = 273{,}15$K);

(1’) GNL ($P = 7{,}013 \times 10^5$ Pa ; $T = 113{,}15$K);
(2’) GNL ($P = 7{,}013 \times 10^5$ Pa ; $T = 125{,}00$K);
(3’) GNL ($P = 7{,}013 \times 10^5$ Pa ; $T = 133{,}15$K).

As evoluções no recondensador envolvem as quantidades de energia:

$$\Delta H\ (2' - 3') = H(3') - H(2') = 390\text{kJ/kg} - 320\text{kJ/kg} = 70\ \text{kJ/kg}$$

$$\Delta H\ (4 - 3') = H(3') - H(4) = 390\ \text{kJ/kg} - 1130\ \text{kJ/kg} = -740\ \text{kJ/kg}$$

O GNL está sub-arrefécido, permitindo recuperar as evaporações por dissolução no caudal emitido. Conclui-se que, para recondensar 1kg de GN de evaporações diárias são necessários 10,6 kg de GNL.

ENTROPIE, kJ(kg . K)

5 6 7 8 9 10 11 12 13 14

TEMPERATURE, °F

440 400 350 300 250 200 150 100 50 0 -50 -100 -150 -200 -250 -300

TEMPERATURE, K

500 450 400 350 300 250 200 150 100

1.00 1.25 1.50 1.75 2.00 2.25 2.50 2.75 3.00 3.25

ENTROPIE, Btu/(lb · °F)

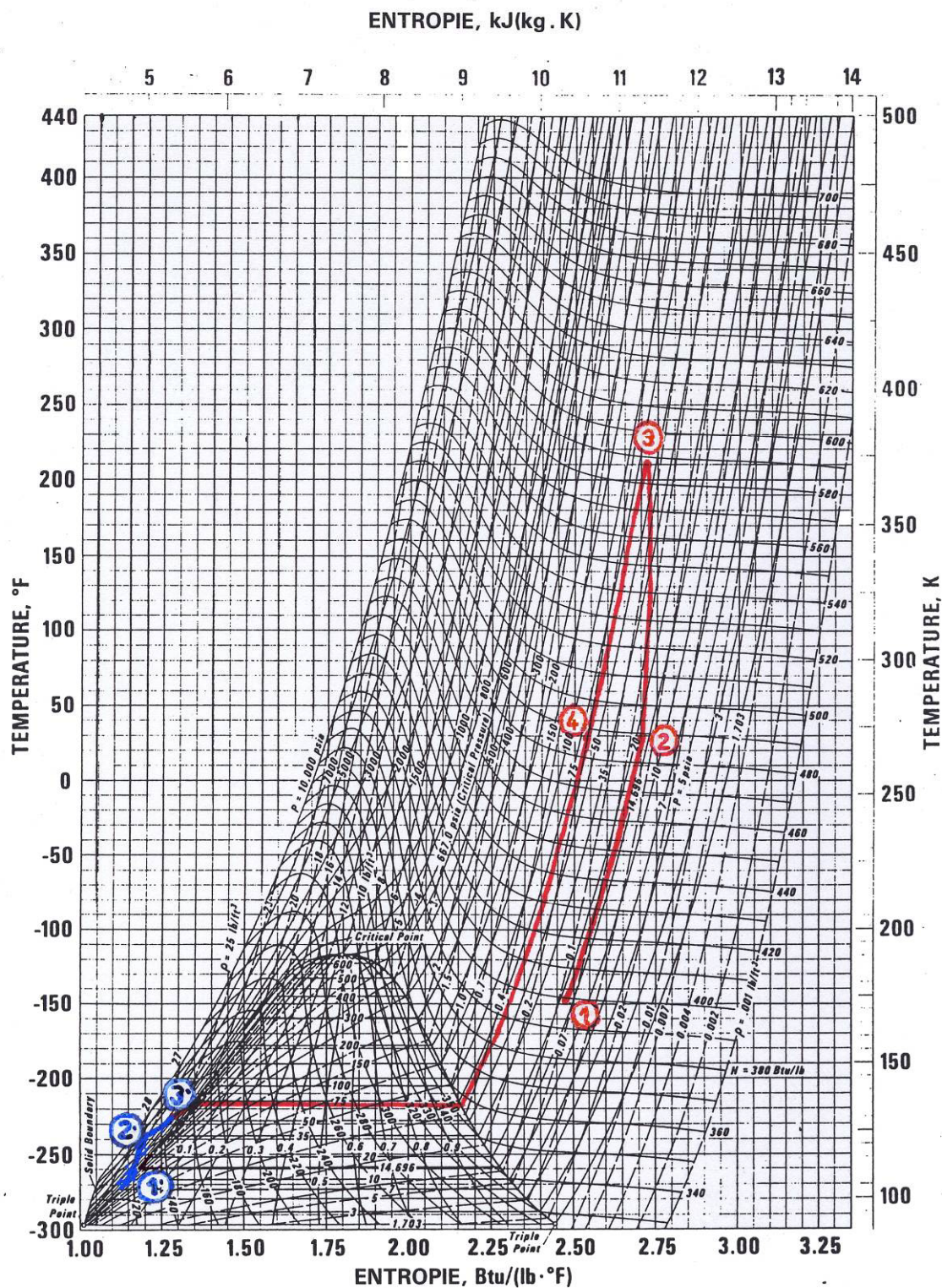



Fig. B.2 – Diagrama (T,S) - Recuperação das evaporações por dissolução no GNL emitido - origem (*N. B. S.*)

Anexo B2

Recuperação das Evaporações ('Boil-off') - II

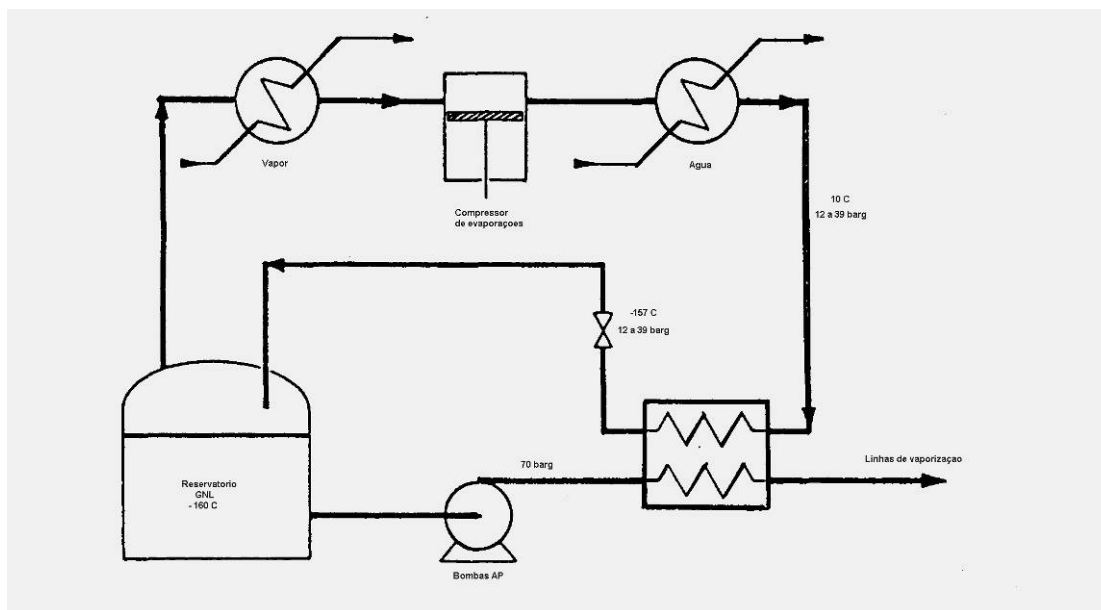



Fig. B.3 – Recuperação das evaporações por liquefacção e retorno ao reservatório de armazenagem

(1) GN (P = 1,113 x 10^5 Pa ; T = 173,15K);
(2) GN (P = 1,113 x 10^5 Pa ; T = 273,15K);
(3) GN (P = 13,013 x 10^5 Pa ; T = 473,15K);
(4) GN (P = 13,013 x 10^5 Pa ; T = 283,15K);
(5) GNL (P = 13,013 x 10^5 Pa ; T = 116,15K);
(6) GNL (P = 1,113 x 10^5 Pa ; T = 113,15K).

As evoluções no permutador de calor GN/GNL envolvem as quantidades de energia:

ΔH (4 – 5) = H(5) – H(4) = 300kJ/kg – 1150kJ/kg = -850 kJ/kg

ΔH (regaseificação) = H(P=7,11013 MPa; T=113,15K) – H(P=7,11013 MPa; T=273,15K) =
= 1000 kJ/kg – 290 kJ/kg = 710 kJ/kg

A uma pressão de 12 barg no circuíto de recondensação, é necessário regaseificar 1,2 kg de GNL para se conseguir condensar 1kg de GN de evaporações diárias.

Por comparação com o sistema apresentado no Anexo B1 pode concluir-se que: este sistema necessita de menos emissão para realizar o aproveitamento das evaporações; no entanto, o dispendio de energia neste sistema é superior em virtude da maior taxa de compressão das evaporações.

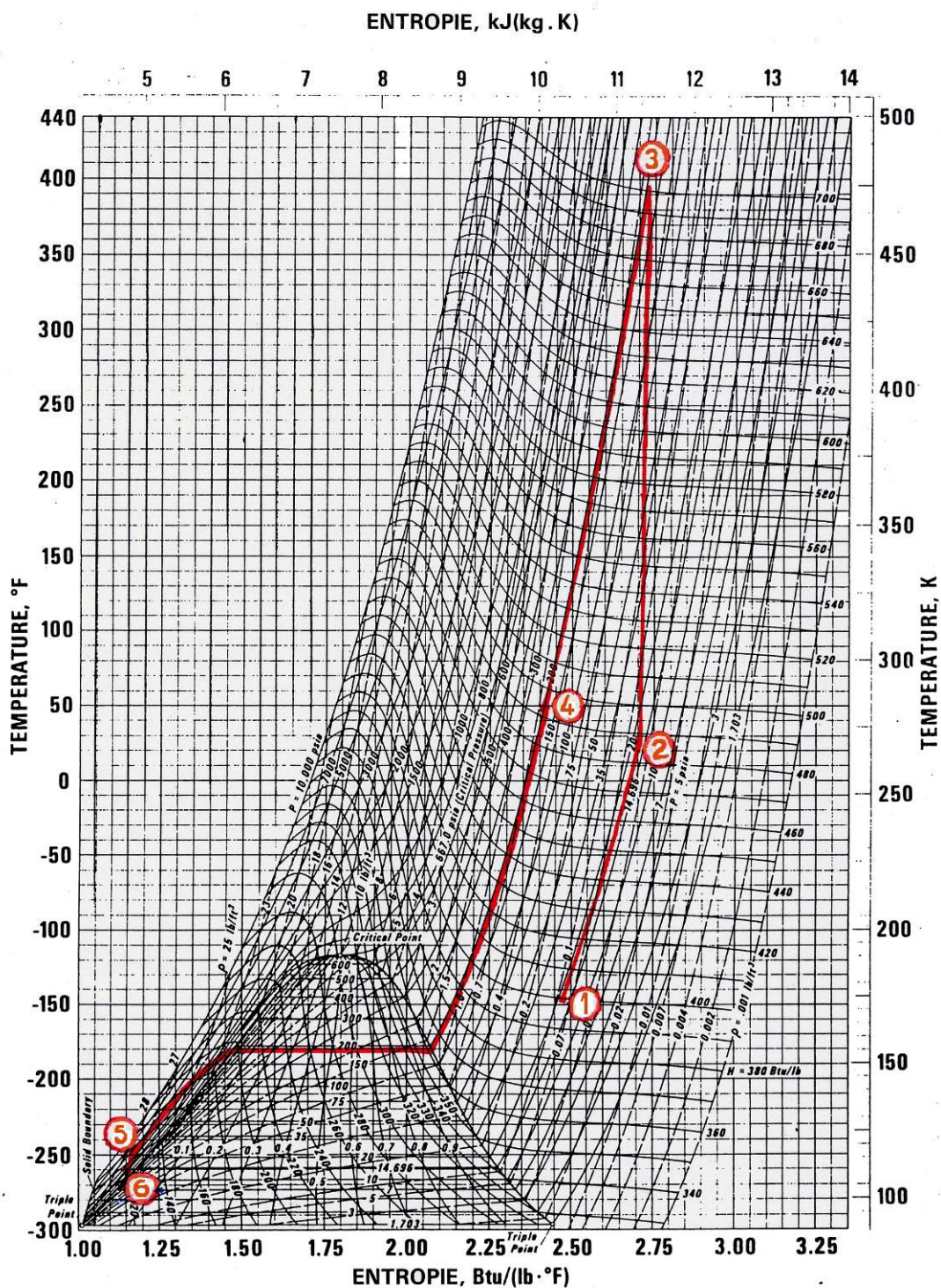



Fig. B.4 – Diagrama (*T*,*S*) – Recuperação das evaporações por re-liquefacção - origem (*N.B.S.*)

Anexo B3

Aproveitamento do frio do GNL

Separaçao e liquefacçao dos constituintes do ar

Liquefacçao e solidificaçao do CO2

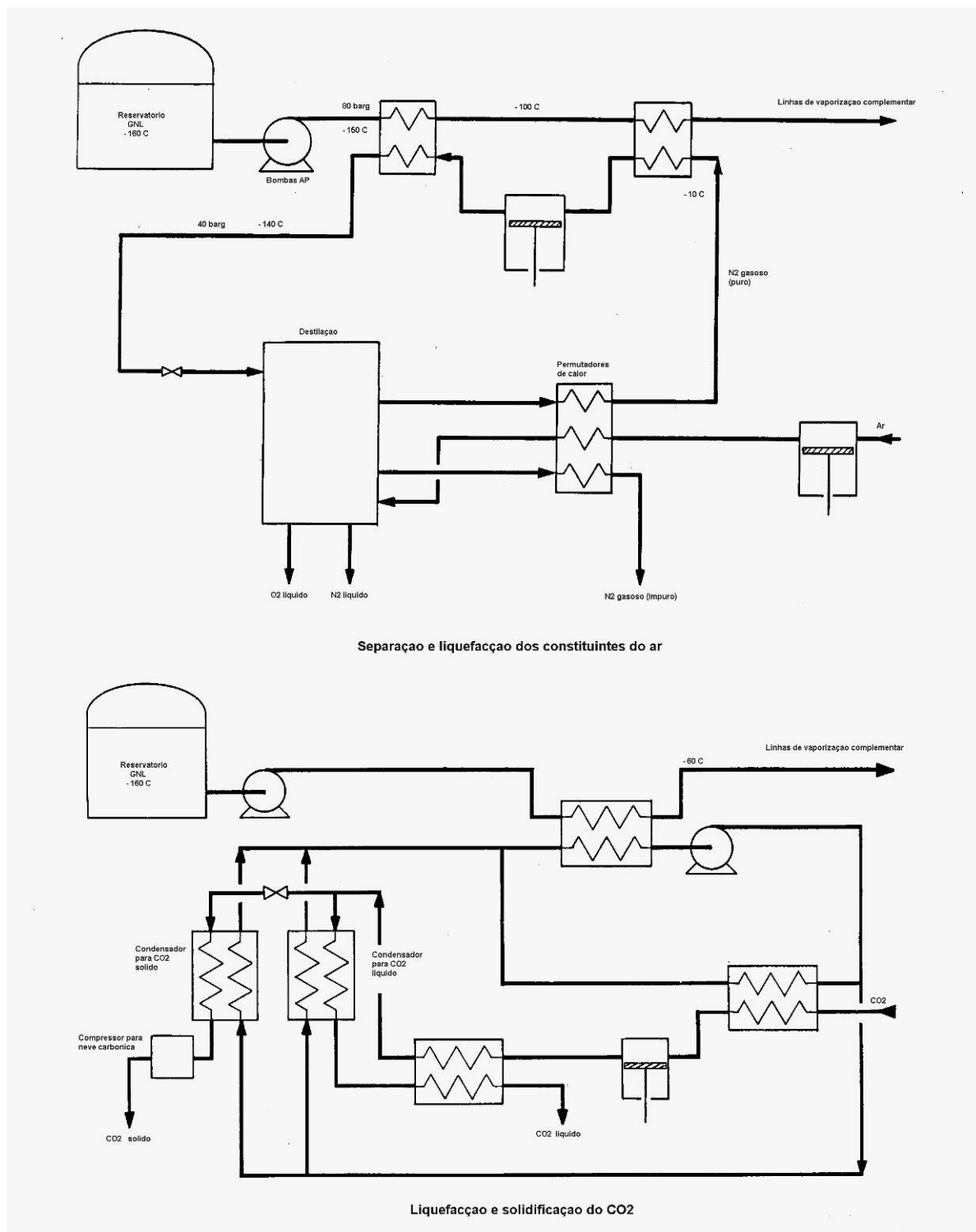



Fig. B.5 – 'Aproveitamento do frio do GNL' – Fraccionamento do Ar e Produção de neve carbónica

Reservatorio de GNL -160 C
50 barg
-160 C
50 barg
0 C
9 barg
-20 C
9 barg
0 C
Agua do Mar
Turbina a Gas
Agua do Mar

Agua do Mar
Evaporador de Freon
Reservatorio de GNL -160 C
-150 C
-80 C
Condensador de Freon nº2
-40 C
Condensador de Freon nº1
Bomba de Freon
Bomba de Freon
Ciclo de Rankine

Reservatorio de GNL -160 C
50 barg
-150 C
50 barg
-40 C
50 barg
0 C
9 barg
-20 C
9 barg
0 C
Condensador de Freon
-40 C
Agua do Mar
Agua do Mar
Bomba de Freon
Agua do Mar
Ciclo combinado (Rankine+Turbina a gas)

Fig. B.6 – 'Aproveitamento do frio do GNL' – Produção de electricidade

Anexo D1

Aproveitamento do frio do GNL (Terminal de GNL da RAM – Cenário III)

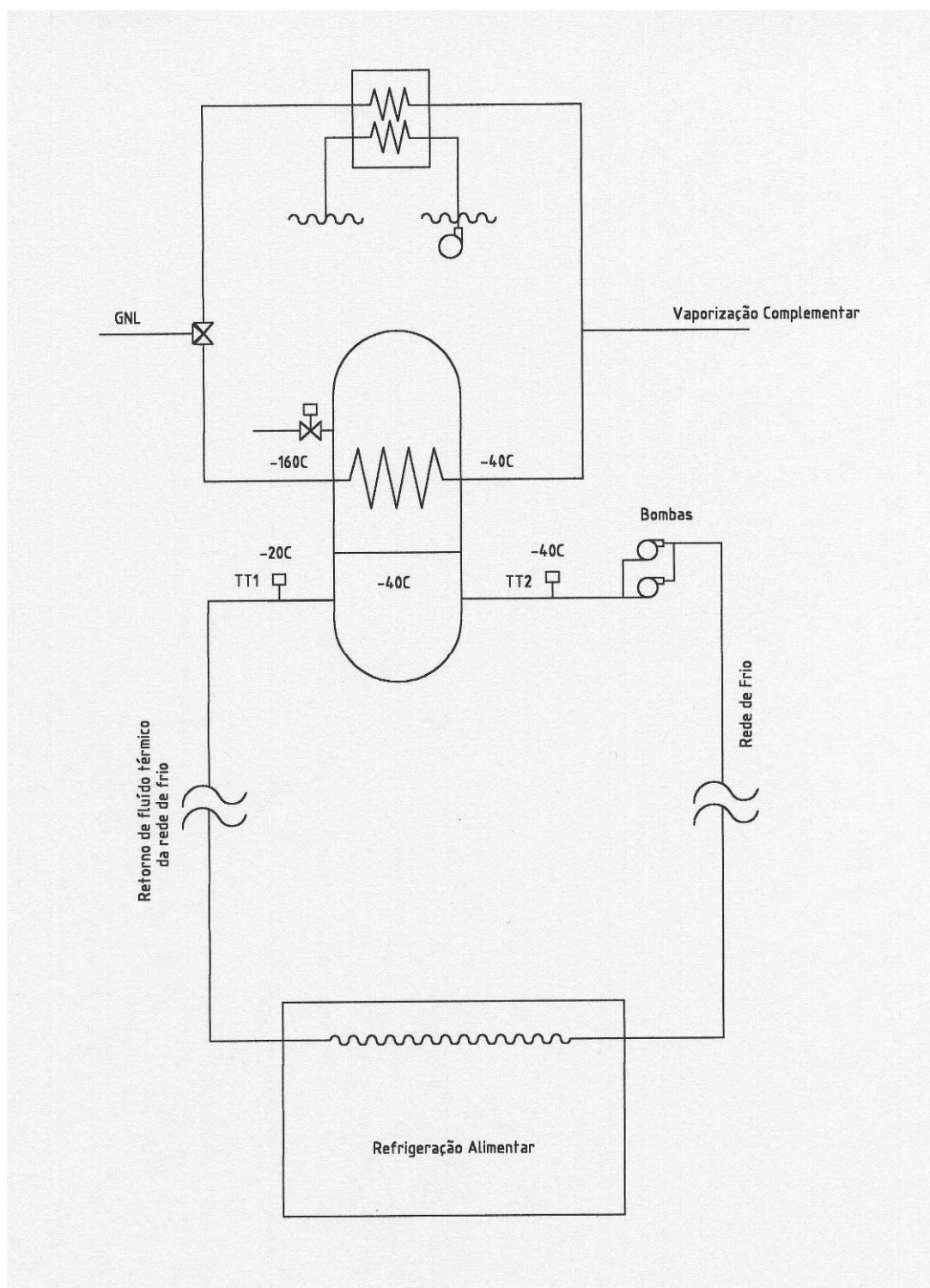



Fig. C.1 – Representação esquemática do sistema de aproveitamento do frio do GNL - Terminal de GNL da RAM – Cenário III

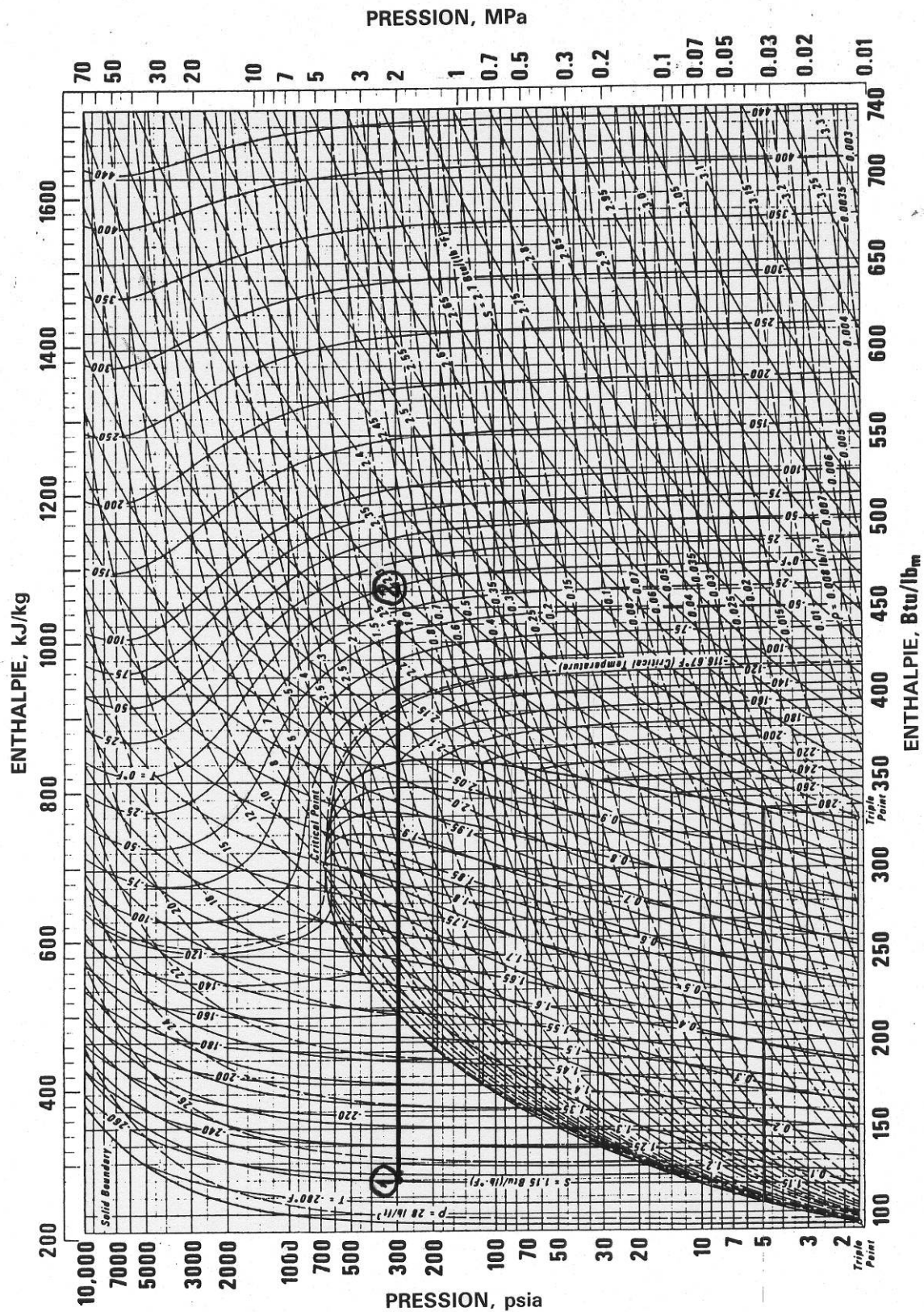



Fig. C.2 – Diagrama (*H*,*P*) – Regasificação – Terminal de GNL da RAM - origem (*N. B. S.*)

A fig. C1 representa o sistema de aproveitamento do frio do GNL no Terminal da RAM (Cenário III). A calor necessário para regaseificar 1m³ de GNL, de acordo com os 'set-points' do Terminal da RAM são:

- ΔH (Regaseificação no Terminal de GNL da RAM) =

  = H (GN, P = 2MPa; T = 273,15K) - H (GNL; P_{atm}; T = 100,00K) = 840kJ/kg

O aproveitamento de frio no Terminal de GNL da RAM deve permitir arrefecer um fluído térmico, por exemplo freon, até aos –40ºC (233,15K). Assim sendo, a temperatura máxima do GN à saída do sistema de aproveitamento de frio é –40ºC, o que significa que é necessário aquécimento complementar. A refrigeração máxima é de:

- ΔH (Regaseificação no Terminal de GNL da RAM) = H(2) – H(1) =

  = H (GN, P = 2MPa; T = 233,15K) - H (GNL; P_{atm}; T = 100,00K) = 740kJ/kg

Admitindo um rendimento global do sistema (permutadores e tubagem) de η = 0,85, e considerando a emissão do Terminal de GNL da RAM apresentam-se no Quadro C1 as potencias médias de refrigeração, a dedução máxima e eféctiva de consumo eléctrico.

O consumo eléctrico admite um rendimento das máquinas frigorificas de η = 0,85. A dedução efectiva é a considerada no subcapítulo 3.1.4.1 e representa o consumo anual estimado em refrigeração para processamento alimentar.

	Consumo anual de GN [m3(n)]	Potência de Refrigeração Média [kW]	Dedução de consumo eléctrico (max.) [tep]	Dedução de consumo eléctrico (efectivo) [tep]
2010	**136355258**	**2441**	**756**	**600**
2011	143933598	2576	798	600
2012	151553231	2713	840	600
2013	159214156	2850	882	600
2014	166916374	2987	925	600
2015	**174659885**	**3126**	**968**	**600**
2016	182651530	3269	1012	600
2017	190674652	3413	1057	600
2018	198729249	3557	1101	600
2019	206815322	3702	1146	600
2020	**214932870**	**3847**	**1191**	**600**

Quadro C1 – Consumo anual de GN, Potência de Refrigeração Média, Deduções de consumo eléctrico máximo e efectivo – Terminal de GNL da RAM (Cenário III).

Anexo D2

Aproveitamento do frio do GNL (Terminal de GNL da RAM – Cenário III)

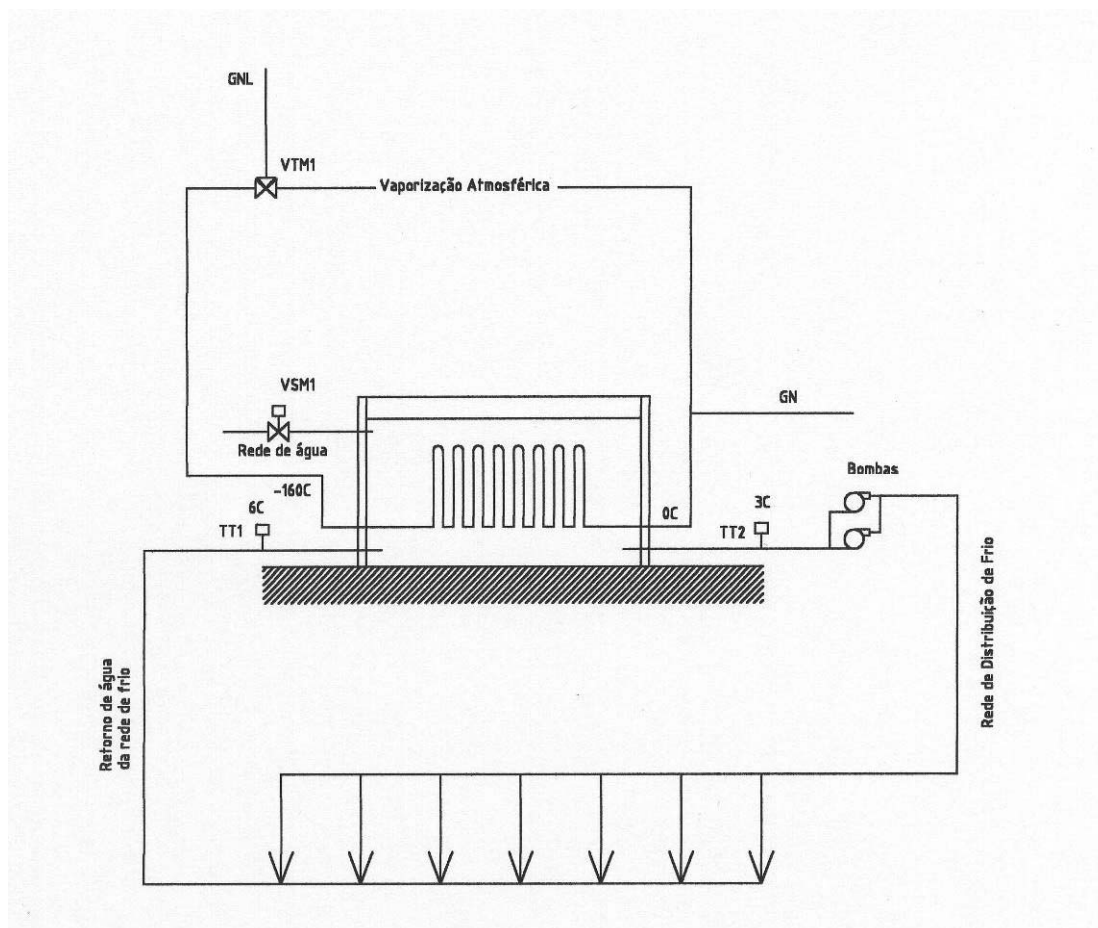



Fig. C.3 – Representação esquemática do sistema complementar de aproveitamento do frio do GNL – Terminal de GNL da RAM – Cenário III

A fig. C3 representa o sistema complementar de aproveitamento do frio do GNL do Terminal de GNL da RAM (Cenário III). O calor necessário para regaseificar 1m^3 de GNL, de acordo com os 'set-points' do Terminal são:

- ΔH (Regaseificação no Terminal de GNL da RAM) =

  = H (GN, P = 2MPa; T = 273,15K) - H (GNL; P_{atm}; T = 100,00K) = 840kJ/kg

O aproveitamento do frio deve permitir arrefecer água até aos 2ºC (275,15K). Assim sendo, a temperatura máxima do GN à saída do sistema de aproveitamento de frio é 2ºC, o que significa que não é necessário aquécimento complementar.

Admitindo um rendimento global do sistema (permutadores e tubagem) de η = 0,90, e considerando a emissão do Terminal de GNL da RAM apresentam-se no Quadro C2 as potencias médias de refrigeração, a dedução máxima e eféctiva de consumo eléctrico.

O consumo eléctrico admite um rendimento das máquinas de climatização de η = 0,85. A dedução efectiva de consumo eléctrico é, até ao ano 2013, a dedução máxima uma vez que não se atingem os valores considerados no subcapítulo 3.4.4.2. Isto é, o aglomerado de hoteís do Funchal, aos quais a rede de frio é dedicada, permitiria absorver uma potência de refrigeração capaz de deduzir um consumo eléctrico de 400tep/ano. A partir de 2013 inclusivé atinge-se a dedução de 400 tep/ano permitindo rentabilizar a rede de frio nos termos das estimativas do subcapitulo 3.4.4.2.

	Consumo anual de GN [m3(n)]	Potência de Refrigeração Média [kW]	Dedução de consumo eléctrico (max.) [tep]	Dedução de consumo eléctrico (efectivo) [tep]
2010	**136355258**	**2771**	**258**	**258**
2011	143933598	2924	306	306
2012	151553231	3080	354	354
2013	159214156	3235	401	400
2014	166916374	3391	450	400
2015	**174659885**	**3548**	**499**	**400**
2016	182651530	3711	549	400
2017	190674652	3874	600	400
2018	198729249	4038	650	400
2019	206815322	4202	701	400
2020	**214932870**	**4367**	**752**	**400**

Quadro C2 – Consumo anual de GN, Potência de Refrigeração Média, Deduções de consumo eléctrico máximo e efectivo – Terminal de GNL da RAM (Cenário III).